

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-288955

(43)Date of publication of application : 04.10.2002

(51)Int.Cl.

G11B 21/10
G05D 3/00
G05D 3/12
G11B 5/596
G11B 21/21

(21)Application number : 2001-089475

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 27.03.2001

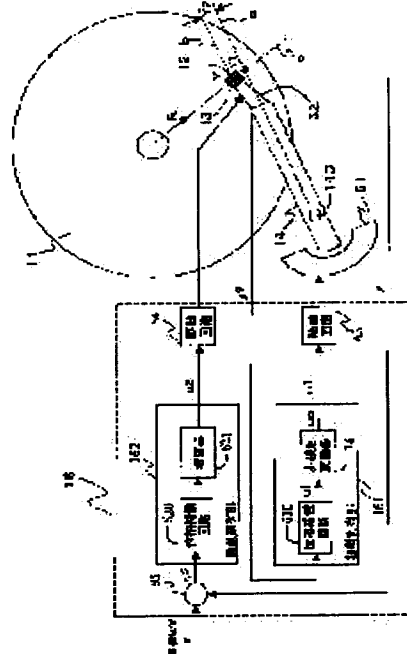
(72)Inventor : TAKASO HIROSHI
KUWAJIMA HIDEKI

(54) HEAD POSITIONING DEVICE, HEAD POSITIONING CONTROL METHOD, HEAD POSITIONING CONTROL PROGRAM, RECORDING MEDIUM RECORDED WITH HEAD POSITIONING CONTROL PROGRAM AND DISK APPARATUS USING THEM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To realize a head positioning control means for a disk apparatus using a dual actuator by which the positioning control of a head is attained by a stable operation even when being affected by frictional force based on static friction of a coarse adjustment actuator.

SOLUTION: The head positioning control means is provided with a fine adjustment control part 162 to control positioning of the head by controlling displacement of a fine adjustment actuator 52 based on a positional error signal and a coarse adjustment control part 161 to control the positioning of the head by a relative displacement signal corresponding to the displacement quantity of the fine adjustment actuator 52, the coarse adjustment control part 161 has a nonlinear transformer 18 having nonlinear characteristics by which the relative displacement signal is amplified with a larger gain in comparison with the case when amplitude of the relative displacement signal is large when the amplitude is small and performs the positioning of the head by the coarse adjustment actuator 51 based on its transformed output signal.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 25.03.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 17.05.2005

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2002-288955
(P2002-288955A)

(43) 公開日 平成14年10月4日 (2002.10.4)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テームコード* (参考)
G 1 1 B 21/10		G 1 1 B 21/10	N 5 D 0 4 2 R 5 D 0 5 9
G 0 5 D 3/00		G 0 5 D 3/00	H 5 D 0 9 6
3/12	3 0 5	3/12	3 0 5 E 5 H 3 0 3
G 1 1 B 5/596		C 1 1 B 5/596	

審査請求 有 請求項の数15 O L (全 26 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2001-89475(P2001-89475)

(22) 出願日 平成13年3月27日 (2001.3.27)

(71) 出願人 000003821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 高祖 洋

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72) 発明者 桑島 秀樹

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(74) 代理人 100097445

弁理士 岩橋 文雄 (外2名)

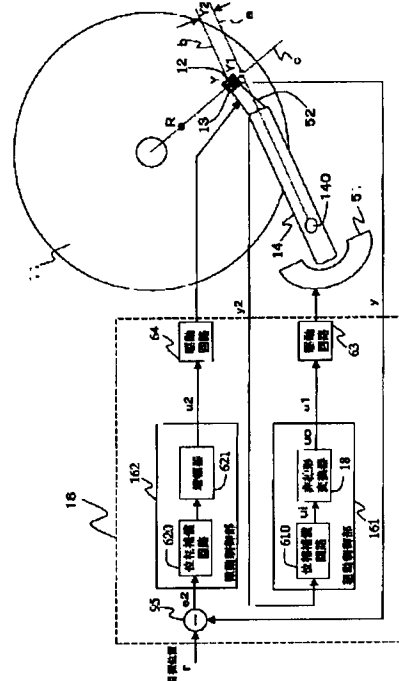
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ヘッド位置決め装置、ヘッド位置決め制御方法、ヘッド位置決め制御プログラム、ヘッド位置決め制御プログラムを記録した記録媒体、およびこれらを用いたディスク装置

(57) 【要約】

【課題】 粗動アクチュエータの静止摩擦に基づく摩擦力の影響を受けても、安定な動作でヘッド位置決め制御が可能な、二重アクチュエータを用いたディスク装置のヘッド位置決め制御手段を実現する。

【解決手段】 位置誤差信号に基づいて微動アクチュエータ52の変位を制御することでヘッド位置決め制御をする微動制御部162と、微動アクチュエータ52の変位量に対応した相対変位信号によりヘッド位置決め制御をする粗動制御部161とを備え、粗動制御部161は、相対変位信号の振幅が小さいときには振幅が大きいときに比べて大きなゲインで、相対変位信号が増幅される非線形特性を持った非線形変換器18を有し、その変換出力信号に基づいて粗動アクチュエータ51によるヘッド位置決めをおこなう。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 ディスク状の記録媒体に情報の記録再生をおこなうヘッドを搭載し、前記ヘッドの微細な位置決めをおこなう微動アクチュエータと、前記微動アクチュエータを搭載したヘッド支持機構を移動させ、前記ヘッドの粗い位置決めをおこなう粗動アクチュエータと、前記微動アクチュエータの変位、および前記粗動アクチュエータによる前記ヘッドの移動を制御する制御部とを具備し、前記制御部は、前記ヘッドを目標位置に位置決めするための前記目標位置と前記ヘッドの現在位置間の距離である位置誤差に基づいて、前記微動アクチュエータの変位を制御し、前記微動アクチュエータの変位量に対応した値を相対変位値として検出し、前記相対変位値の絶対値が小さいときには、前記相対変位値の絶対値が大きいときに比べて大きなゲインで前記相対変位値を非線形変換し、前記非線形変換した結果に基づいて、前記粗動アクチュエータによる前記ヘッドの移動を制御するヘッド位置決め制御機能を有することを特徴とするヘッド位置決め装置。

【請求項2】 前記制御部は、前記ヘッドを前記目標位置に位置決めするための目標位置信号と前記ヘッドにより再生された前記記録媒体上のサーボ情報からのヘッド位置信号との差分を位置誤差信号として入力し、前記位置誤差信号に基づいて、前記微動アクチュエータの変位を制御する微動制御部と、前記微動アクチュエータの変位量に対応した相対変位信号を入力し、前記粗動アクチュエータによる前記ヘッドの移動を制御する粗動制御部とを備え、前記粗動制御部は、前記相対変位信号を変換入力信号とし、前記変換入力信号の振幅が小さいときには、前記変換入力信号の振幅が大きいときに比べて大きなゲインで前記変換入力信号が増幅された結果を変換出力信号とする非線形特性を持った非線形変換器を有し、前記変換出力信号に基づいて、前記粗動アクチュエータによる前記ヘッドの移動を制御することを特徴とする請求項1記載のヘッド位置決め装置。

【請求項3】 前記制御部は、前記ヘッドを前記目標位置に位置決めするための目標位置データと前記ヘッドにより再生された前記記録媒体上のサーボ情報からのヘッド位置データとの差分を位置誤差データとして入力し、前記位置誤差データに基づいて、前記微動アクチュエータの変位を制御する微動制御部と、前記微動アクチュエータの変位量に対応した相対変位データを入力し、前記粗動アクチュエータによる前記ヘッドの移動を制御する粗動制御部とを備え、

前記粗動制御部は、

前記相対変位データを変換入力データとし、前記変換入力データの絶対値が小さいときには、前記変換入力データの絶対値が大きいときに比べて大きな乗数で前記変換入力データが乗算された前記乗算の結果を変換出力データとする非線形特性を持った非線形変換器を有し、前記変換出力データに基づいて、前記粗動アクチュエータによる前記ヘッドの移動を制御することを特徴とする請求項1記載のヘッド位置決め装置。

【請求項4】 前記制御部は、前記微動アクチュエータおよび前記粗動アクチュエータを制御可能なマイクロプロセッサと、前記マイクロプロセッサを動作させるためのプログラムを格納するメモリと、前記マイクロプロセッサを動作させるための前記プログラムとを備え、前記プログラムは、前記マイクロプロセッサが前記プログラムを読み取って実行することにより、前記ヘッド位置決め制御機能を実現させるヘッド位置決め制御プログラムを有することを特徴とする請求項1記載のヘッド位置決め装置。

【請求項5】 前記ヘッド位置決め制御プログラムは、前記マイクロプロセッサを、前記ヘッドを前記目標位置に位置決めするための目標位置データと前記ヘッドにより再生された前記記録媒体上のサーボ情報からのヘッド位置データとの差分を位置誤差データとし、前記位置誤差データに基づいて、前記微動アクチュエータの変位の制御をおこなう微動制御データを導出し、前記微動制御データに基づいて前記微動アクチュエータを駆動する微動制御手段、前記微動アクチュエータの変位量に対応したデータを相対変位データとし、前記相対変位データを変換入力データとし、前記変換入力データの絶対値が小さいときには、前記変換入力データの絶対値が大きいときに比べて大きな乗数で前記変換入力データが乗算された前記乗算の結果を変換出力データとする非線形特性を持った非線形変換手段、前記変換出力データに基づいて、前記粗動アクチュエータによる前記ヘッドの移動を制御する粗動制御データを導出し、前記粗動制御データに基づいて前記粗動アクチュエータを駆動する粗動制御手段、として機能させるためのヘッド位置決め制御プログラムであることを特徴とする請求項4記載のヘッド位置決め装置。

【請求項6】 前記ヘッド位置決め制御プログラムは、前記マイクロプロセッサに、前記ヘッドを前記目標位置に位置決めするための目標位置データと前記ヘッドにより再生された前記記録媒体上のサーボ情報からのヘッド位置データとの差分を位置誤差データとするステップと、前記位置誤差データに基づいて、前記微動アクチュエータ

タの変位を制御する微動制御データを導出するステップと、
 前記微動制御データに基づいて前記微動アクチュエータを駆動するステップと、
 前記微動アクチュエータの変位置に対応した相対変位データを入力するステップと、
 前記相対変位データを変換入力データとし、前記変換入力データの絶対値が小さいときには、前記変換入力データの絶対値が大きいときに比べて大きな乗数で前記変換入力データが乗算された前記乗算の結果を変換出力データとする非線形特性を持った非線形変換をおこなうステップと、
 前記変換出力データに基づいて前記粗動アクチュエータを駆動するステップとを実行させるためのヘッド位置決め制御プログラムであることを特徴とする請求項4記載のヘッド位置決め装置。

【請求項7】 ディスク状の記録媒体に情報の記録再生をおこなうヘッドを搭載し、前記ヘッドの微細な位置決めをおこなう微動アクチュエータと、
 前記微動アクチュエータを搭載したヘッド支持機構を移動させ、前記ヘッドの粗い位置決めをおこなう粗動アクチュエータと、
 前記微動アクチュエータの変位、および前記粗動アクチュエータによる前記ヘッドの移動を制御する制御部とを具備したヘッド位置決め装置を制御するプログラムであって、
 前記制御部は、
 前記ヘッドを目標位置に位置決めするための目標位置データと前記ヘッドにより再生された前記記録媒体上のサーボ情報からのヘッド位置データとの差分を位置誤差データとし、前記位置誤差データに基づいて、前記微動アクチュエータの変位の制御をおこなう微動制御データを導出し、前記微動制御データに基づいて前記微動アクチュエータを駆動する微動制御手段、
 前記微動アクチュエータの変位置に対応したデータを相対変位データとし、前記相対変位データを変換入力データとし、前記変換入力データの絶対値が小さいときには、前記変換入力データの絶対値が大きいときに比べて大きな乗数で前記変換入力データが乗算された前記乗算の結果を変換出力データとする非線形特性を持った非線形変換手段、
 前記変換出力データに基づいて、前記粗動アクチュエータによる前記ヘッドの移動を制御する粗動制御データを導出し、前記粗動制御データに基づいて前記粗動アクチュエータを駆動する粗動制御手段、として機能させるためのヘッド位置決め制御プログラム。

【請求項8】 ディスク状の記録媒体に情報の記録再生をおこなうヘッドを搭載し、前記ヘッドの微細な位置決めをおこなう微動アクチュエータと、
 前記微動アクチュエータを搭載したヘッド支持機構を移

動させ、前記ヘッドの粗い位置決めをおこなう粗動アクチュエータと、
 前記微動アクチュエータの変位、および前記粗動アクチュエータによる前記ヘッドの移動を制御する制御部とを具備したヘッド位置決め装置を制御する方法であって、
 前記制御部が、
 前記ヘッドを目標位置に位置決めするための目標位置データと前記ヘッドにより再生された前記記録媒体上のサーボ情報からのヘッド位置データとの差分を位置誤差データとするステップと、
 前記位置誤差データに基づいて前記微動アクチュエータの変位を制御する微動制御データを導出するステップと、
 前記微動制御データに基づいて前記微動アクチュエータを駆動するステップと、
 前記微動アクチュエータの変位置に対応した相対変位データを入力するステップと、
 前記相対変位データを変換入力データとし、前記変換入力データの絶対値が小さいときには、前記変換入力データの絶対値が大きいときに比べて大きな乗数で前記変換入力データが乗算された前記乗算の結果を変換出力データとする非線形特性を持った非線形変換をおこなうステップと、
 前記変換出力データに基づいて前記粗動アクチュエータを駆動するステップとを実行することを特徴とするヘッド位置決め制御方法。

【請求項9】 請求項8に記載のヘッド位置決め制御方法を実行させるためのヘッド位置決め制御プログラム。

【請求項10】 請求項7または請求項9に記載のヘッド位置決め制御プログラムを記録した領域を有する機械読み取り可能な記録媒体。

【請求項11】 ディスク状の記録媒体に情報の記録再生をおこなうヘッドを搭載し、前記ヘッドの微細な位置決めをおこなう微動アクチュエータと、
 前記微動アクチュエータを搭載したヘッド支持機構を移動させ、前記ヘッドの粗い位置決めをおこなう粗動アクチュエータと、
 前記微動アクチュエータの変位、および前記粗動アクチュエータによる前記ヘッドの移動を制御する制御部とを備え、
 前記制御部は、
 前記微動アクチュエータおよび前記粗動アクチュエータを制御可能なマイクロプロセッサと、
 入力データを変換入力データとして入力し、前記変換入力データの絶対値が小さいときには、前記変換入力データの絶対値が大きいときに比べて大きな乗数で前記変換入力データが乗算された前記乗算の結果を変換出力データとする非線形特性を持った非線形変換テーブルと、
 前記マイクロプロセッサを動作させるためのプログラムを格納するメモリと、

前記マイクロプロセッサを動作させるための前記プログラムとを備え、
 前記プログラムは、
 前記マイクロプロセッサが前記プログラムを読み取って実行することにより、
 前記制御部を、
 前記ヘッドを目標位置に位置決めするための目標位置データと前記ヘッドにより再生された前記記録媒体上のサーボ情報からのヘッド位置データとの差分を位置誤差データとし、前記位置誤差データに基づいて、前記微動アクチュエータの変位の制御をおこなう微動制御データを導出し、前記微動制御データに基づいて前記微動アクチュエータを駆動する微動制御手段、
 前記微動アクチュエータの変位量に対応したデータを相対変位データとし、前記相対変位データを前記変換入力データとし、前記非線形変換テーブルで変換した結果を変換出力データとする非線形変換手段、
 前記変換出力データに基づいて、前記粗動アクチュエータによる前記ヘッドの移動を制御する粗動制御データを導出し、前記粗動制御データに基づいて前記粗動アクチュエータを駆動する粗動制御手段、として機能させるヘッド位置決め制御プログラムを有することを特徴とするヘッド位置決め装置。

【請求項12】 請求項1、2、3、4、5、6、および11のいずれか一項に記載のヘッド位置決め装置を具備したディスク装置。

【請求項13】 請求項8に記載のヘッド位置決め制御方法を用いたディスク装置。

【請求項14】 請求項7または請求項9に記載のヘッド位置決め制御プログラムを具備したディスク装置。

【請求項15】 請求項10記載の記録媒体を具備したディスク装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、磁気ディスク装置、光ディスク装置などの情報記録再生装置において、二重構造のアクチュエータを有するヘッド位置決め装置、ヘッド位置決め制御方法、ヘッド位置決め制御プログラム、ヘッド位置決め制御プログラムを記録した記録媒体、およびこれらを用いたディスク装置に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、マルチメディアの進展に伴って、目標位置に高速にヘッドの位置決めをおこない、大容量の映像情報、音声情報、文字情報などを高速で記録再生する高記録密度のディスク装置が、市場から強く要請されており、ヘッドの高速高精度な位置決め技術が種々提案されている。このような高速高精度の位置決めを達成する技術として、主要な駆動機構と、補助の駆動機構との、二つの駆動機構を互いに協調させてサーボ制御する方法が注目されている。

【0003】主要な駆動機構は、ボイスコイルモータなどにより、ディスク装置本体に取り付けられた回転軸を中心に、ヘッド支持機構を回転させることで、ヘッド支持機構、ヘッドおよびヘッドスライダを動かす。主要な駆動機構は、主としてシーク動作や複数のトラックジャンプなどの大移動のために使用される。

【0004】補助の駆動機構は、ピエゾ素子などにより、主要な駆動機構の先端部で、可動範囲は狭いが広帯域に制御され、ヘッドおよびヘッドスライダを駆動する。補助の駆動機構は、主としてトラック追従や1トラックジャンプなどの高速で微小な位置決めをおこなうために使用される。

【0005】主要な駆動機構と補助の駆動機構とを有する二重構造の機構部を、一般に二重アクチュエータ、あるいはビギバックアクチュエータと呼び、主要な駆動機構を粗動アクチュエータ、補助の駆動機構を微動アクチュエータと呼ぶ。

【0006】従来のディスク装置においては、ヘッドを移動させる手段としてボイスコイルモータ（以下VCMと呼ぶ）のみを利用したアクチュエータが一般的に用いられていた。しかし、数千、数万のトラックを横切ってヘッドを高速に移動させるためのアクチュエータで、1トラックの数十分の1といった精度でヘッドの位置決め制御をおこなわせるには限界がある。このため、前述したように、ディスク装置において、VCMを駆動手段とした粗動アクチュエータにより駆動されるヘッド支持機構上に、さらに微動アクチュエータとして、制御電圧によりピエゾ素子を微動駆動するピエゾアクチュエータや、VCMと類似構造の電磁型マイクロアクチュエータを搭載した、二重アクチュエータによるヘッド位置決め制御システムが提案されている（例えば、特開平10-255418号公報）。

【0007】特にピエゾ素子は、圧電効果と逆圧電効果の両機能を併せ持っている。すなわち、制御電圧によるひずみを利用した微小な変位による位置制御と同時に、変位により発生する電圧を利用して微小な変位量を検出電圧として検出することができる。このため、この両機能を利用したセルフセンシングアクチュエータと呼ばれるアクチュエータ制御手法も提案されている（例えば、日本機械学会論文集64巻624号、2931～2937（1998-8）「仮想ブリッジ回路に基づくセルフセンシング・アクチュエータを用いたはりの軌跡制御」参照）。

【0008】また、粗動アクチュエータで駆動されるヘッド支持機構上に、さらに微動アクチュエータとしてピエゾ素子を搭載し、ピエゾ素子の圧電効果と逆圧電効果の両機能を利用して高速高精度なヘッド位置決め制御が可能な二重アクチュエータ制御手法も提案されている（例えば、特開昭60-35383号公報）。

【0009】以下、従来の二重アクチュエータを有する

ディスク装置について、図面を参照しながら説明する。

【0010】図13は、従来例としての磁気ディスク装置におけるヘッド位置決め装置の構成を示す構成図である。図13において、ディスク状の記録媒体の1つである磁気ディスク11（以下ディスクと呼ぶ）に情報の記録再生をおこなう磁気ヘッド12（以下ヘッドと呼ぶ）は、ヘッドスライダ13の先端に一体的に形成されている。ヘッドスライダ13は、微動アクチュエータ52の先端に搭載され、さらに微動アクチュエータ52はヘッド支持機構14の先端部に連結されている。ヘッド支持機構14は、磁気ディスク装置本体に設けた回転軸140を中心として粗動アクチュエータ51により駆動され、微動アクチュエータ52と協働してヘッド12の位置決めをおこなう。粗動アクチュエータ51は、ボイスコイルモータなどによりヘッド支持機構14を回転させることで、先端のヘッド12を動かし、主としてシーク動作や複数のトラックジャンプなどの大移動のために使用される。一方、微動アクチュエータ52は、ピエゾ素子の変位などにより、可動範囲は狭いが広帯域な位置制御をすることで、先端のヘッド12を動かし、主としてトラック追従や1トラックのジャンプなどの高速で微小な位置決めを使用される。

【0011】また、本従来例での位置決め機構は、制御回路で構成された制御部96からの制御信号に基づいて駆動され位置決めする。図13において、微動アクチュエータ52は、微動制御部92の微動制御信号u2に基づく駆動回路64からの駆動信号により、ヘッド支持機構14の先端側に搭載されたヘッド12が、ヘッド支持機構14の延長上である中心位置から、微小な変位をするように制御される。粗動アクチュエータ51は、粗動制御部91の粗動制御信号u1に基づく駆動回路63からの駆動信号により、目標トラックまでヘッド12を含むヘッド支持機構14を移動させる。微動制御部92は微動アクチュエータ52を制御するため、粗動制御部91は粗動アクチュエータ51を制御するため、それぞれ、所定の周波数特性と位相特性が位相補償回路910、および920により、所定のゲインが増幅器911、および921によりあらかじめ設定されている。

【0012】微動アクチュエータ52の先端に取り付けられたヘッド12は、ディスク11上にあらかじめ記録されたサーボ情報より、ヘッド12の現在位置を示すヘッド位置信号yを読み取る。このヘッド位置信号yは、粗動アクチュエータ51によるヘッド支持機構14の延長上の中心位置Y1と、微動アクチュエータ52による中心位置Y1からヘッド位置までの変位量Y2とを、加算した位置Yに対応した信号である。ヘッド位置信号yは、目標トラックである目標位置Rまで移動させるために指示された目標位置信号rより減算器95によって減算され、位置誤差信号e2として出力される。この位置誤差信号e2は、微動制御部92に入力され、微動アク

チュエータ52が位置制御される。一方、微動アクチュエータ52による中心位置Y1からヘッド位置Yまでの変位量Y2は、前述したようなピエゾ素子等を用いた場合に検出可能である。ここでは、微動アクチュエータ52の実際の微小な位置の変位量Y2を相対変位信号y2として検出している。この相対変位信号y2は、粗動制御部91に入力され、粗動アクチュエータ51が制御される。

【0013】このような構成により、目標トラックに向けてトラック間の移動動作をおこなうシーク動作モードと、目標トラックの中心にヘッドを追従させるフォロ잉動作モードの二つの動作モードに対して位置制御がおこなわれる。

【0014】本従来例では、位置誤差信号e2に応じて微動アクチュエータ52を制御し、微動アクチュエータ52の変位量Y2を検出した相対変位信号y2に応じて、粗動アクチュエータ51を制御することで、微動アクチュエータ52と粗動アクチュエータ51が協働してトラック間の移動およびトラック追従動作をおこなっている。

【0015】以上のような構成によれば、シーク動作などによりヘッドが目標トラックに達したとき、微動アクチュエータ52の変位量Y2が、常にゼロとなるようにヘッド位置決め制御ができる。よって、フォロ잉動作のようなトラック追従動作においては、常に微動アクチュエータ52の変位量Y2がゼロを中心とした、最も安定した状態でトラック追従動作をおこなうことができる。このため、微動アクチュエータ52が変位した状態でトラック追従動作をおこなうようなことがないため、微動アクチュエータ52が動作範囲を超えてしまい、制御不能になったり、不安定になって異常発振するようなことを防止できる。

【0016】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来例で示した二重アクチュエータの構成では、ヘッド位置決め制御において、粗動アクチュエータ51の静止摩擦に基づく摩擦の影響を考慮してないため、円滑な移動操作が困難となったり、サーボ制御が正確におこなわれない状態が生じるという問題を有していた。

【0017】従来例で示す二重アクチュエータにおいて、ヘッド支持機構14は、回転軸140により、ディスク11の半径方向に移動可能となるように支持されている。特に、より高い精度で位置決めができるように、二重アクチュエータの協働制御で位置決めをおこなうが、協働制御がおこなわれるか否かに関わらず、一般的に、ヘッド支持機構と回転軸の間に摩擦の影響があると、位置決め精度が劣化するという問題があった。例えば、図13において、回転軸140は、ヘッド支持機構14を停止させている状態から移動を開始するとき、回転軸140とヘッド支持機構14との間の静止摩擦に基

づく摩擦力を越える駆動力が必要である。また、ヘッド支持機構14の移動が開始された後は、回転軸140とヘッド支持機構14との間には、動摩擦に基づく摩擦力が作用する。一般的に、ヘッド支持機構14のような可動部を移動させるためには、静止摩擦は動摩擦と比較して、より大きな駆動力を必要とする。

【0018】このため、このような回転軸140を用いた移動操作をおこなう機構においては、静止摩擦と動摩擦との差異により、円滑な移動操作が困難となり、サーボ制御が正確におこなわれない可能性がある。このような静止摩擦と動摩擦とに対する課題は、従来例で示した磁気ディスク装置に限らず光ディスク装置でも同様の課題を有していた（例えば、特開平9-312026号公報）。

【0019】以下、図13に示す従来例で、回転軸140に静止摩擦が作用する動作について説明する。例えば、目標位置信号 r で指示された目標トラックまでの位置制御は次のような動作によりおこなわれる。まず、目標トラックが指示されると、現在位置を示すヘッド位置信号 y と目標位置信号 r との差が生じ、この差は位置誤差信号 e_2 として微動制御部92に入力される。微動制御部92は応答性が速いため、微動アクチュエータ52が目標トラック方向に変位する。また、微動アクチュエータ52の変位量 Y_2 は相対変位信号 y_2 として検出され、粗動制御部91に入力される。しかし、静止摩擦が生じると、ヘッド支持機構14の移動時に比べて、より大きな駆動力が必要となる。このため、長距離間のシーク動作の場合は、粗動制御部91の出力が静止摩擦力を越える駆動力となるまで、時間の遅れを伴ってシーク動作が開始される。一方、短距離間のシーク動作や、フォロイング動作の場合、微動アクチュエータ52の変位量はあまり大きくならない。このため、静止摩擦力が大きいと、粗動制御部91の出力は静止摩擦力を越える駆動力とまで大きくならず、ヘッド支持機構14は静止した状態を継続することとなる。このような状態になると、微動アクチュエータ52は、目標トラック方向への変位と、その結果位置誤差信号 e_2 が小さくなったためによる変位量ゼロ方向への変位とを繰り返す発振状態や、意図しない位置へ変位した状態となるなどの不都合を生じる。

【0020】このような問題を解決するため、回転軸140に摩擦の小さい軸受けを用いることである程度解決することが可能であるが、経年変化などによる摩擦まで対応することは難しく、機構部品のコストがかかるなどの問題がある。さらに、携帯端末用など小型化するに伴い、摩擦の影響は無視できなくなり、機構的な対応では限度があった。これに対して、サーボ制御系の工夫により、この摩擦を補償する方式が提案されている。従来例に示すような二重アクチュエータに限定されるものではないが、摩擦力推定器を利用した方法（例えば、特開平

9-231701号公報）、アクチュエータの加速度を測定し利用する方法（例えば、特開平2-260287号公報）、アクチュエータへの駆動信号の変化を測定し利用する方法（例えば、特開平10-255285号公報）などが挙げられる。これらの方法で静止摩擦による停止状態を判断し、停止時には静止摩擦力に打ち勝つ駆動信号を駆動することにより静止摩擦に対する補償をおこなっている。しかし、摩擦力推定器、加速度センサ、駆動信号の変化検出回路などの判断回路、および判断回路に基づき駆動信号を切り替える駆動制御回路を設けることが必要で、これによるコスト高や、回路が複雑になるなどの問題があった。

【0021】本発明の目的は、このような問題を解決するためになされたもので、従来例で説明した二重アクチュエータのサーボ制御系に簡易な要素を付加することにより、粗動アクチュエータの静止摩擦に基づく摩擦力の影響を受けても安定な動作でヘッド位置決め制御が可能なヘッド位置決め装置、ヘッド位置決め制御方法、ヘッド位置決め制御プログラム、ヘッド位置決め制御プログラムを記録した記録媒体、およびこれらを用いたディスク装置を提供することである。

【0022】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、本発明のヘッド位置決め装置は、ディスク状の記録媒体に情報の記録再生をおこなうヘッドを搭載しヘッドの微細な位置決めをおこなう微動アクチュエータと、微動アクチュエータを搭載したヘッド支持機構を移動させヘッドの粗い位置決めをおこなう粗動アクチュエータと、微動アクチュエータの変位および粗動アクチュエータによるヘッドの移動を制御する制御部とを具備している。さらに、制御部は、ヘッドを目標位置に位置決めするための目標位置とヘッドの現在位置間の距離である位置誤差に基づいて微動アクチュエータの変位を制御し、微動アクチュエータの変位量に対応した値を相対変位値として検出し、相対変位値の絶対値が小さいときには相対変位値の絶対値が大きいときに比べて大きなゲインで相対変位値を非線形変換し、非線形変換した結果に基づいて粗動アクチュエータによるヘッドの移動を制御するヘッド位置決め制御機能を有した構成である。

【0023】この構成により、静止摩擦が生じるシーク動作の開始時やフォロイング動作時には、非線形変換の機能によって、粗動アクチュエータへの制御量が従来に比べて多くなり、この結果、従来よりも大きな駆動力を粗動アクチュエータに加えることが可能となり、静止摩擦の影響を抑制することが可能となる。すなわち、静止摩擦が生じるシーク動作の開始時やフォロイング動作時、まず微動アクチュエータからの相対変位値が微小である。非線形変換の機能は、相対変位値の絶対値が小さいときには相対変位値の絶対値が大きいときに比べて大きなゲインで相対変位値を非線形変換するよう設定して

いる。このため、相対変位値が微小であるような、静止摩擦が生じる場合に、粗動アクチュエータへの制御量を大きくできる。よって、静止摩擦が生じるような場合に、従来よりも、大きな駆動力を粗動アクチュエータに加えることが可能となる。その結果、粗動アクチュエータの静止摩擦に基づく摩擦力の影響を受けても安定な動作でヘッド位置決め制御が可能となる。また、非線形変換の機能として、相対変位値の絶対値が大きいときは、従来と同等なゲインを設定できる。このため、外部衝撃などを受けて微動アクチュエータが外部力で変位し、相対変位値が大きくなったような場合には、従来と同等なゲインとなり、従来とほぼ同等な特性を持たせることで安定性を確保できる。

【0024】また、本発明のヘッド位置決め装置は、上記制御部が、ヘッドを目標位置に位置決めするための目標位置信号とヘッドにより再生された記録媒体上のサーボ情報からのヘッド位置信号との差分を位置誤差信号として入力し、位置誤差信号に基づいて微動アクチュエータの変位を制御する微動制御部と、微動アクチュエータの変位量に対応した相対変位信号を入力し、粗動アクチュエータによるヘッドの移動を制御する粗動制御部とを備えている。さらに、相対変位信号を変換入力信号とし、変換入力信号の振幅が小さいときには、変換入力信号の振幅が大きいときに比べて大きなゲインで変換入力信号が増幅された結果を変換出力信号とする非線形特性を持った非線形変換器を、粗動制御部は有し、粗動制御部は、変換出力信号に基づいて粗動アクチュエータによるヘッドの移動を制御する構成である。

【0025】この構成により、静止摩擦が生じるシーク動作の開始時やフォロイング動作時には、非線形変換器によって、粗動アクチュエータへの制御量が従来に比べて多くなり、この結果、従来よりも大きな駆動力を粗動アクチュエータに加えることが可能となり、静止摩擦の影響を抑制することが可能となる。すなわち、静止摩擦が生じるシーク動作の開始時やフォロイング動作時、まず微動アクチュエータからの相対変位信号が微小であり、変換入力信号も微小である。非線形変換器は、変換入力信号の振幅が小さいときには変換入力信号の振幅が大きいときに比べて大きなゲインで変換入力信号を非線形変換するよう設定している。このため、相対変位信号に対応した変換入力信号が微小であるような、静止摩擦が生じる場合に、粗動アクチュエータへの制御量を大きくできる。よって、静止摩擦が生じるような場合に、従来よりも、大きな駆動力を粗動アクチュエータに加えることが可能となる。その結果、粗動アクチュエータの静止摩擦に基づく摩擦力の影響を受けても安定な動作でヘッド位置決め制御が可能となる。また、非線形変換器は、相対変位信号の振幅が大きいときは、従来と同等なゲインを設定できる。このため、外部衝撃などを受けて微動アクチュエータが外部力で変位し、相対変位信号が

大きくなったような場合には、従来と同等なゲインとなり、従来とほぼ同等な特性を持たせることで安定性を確保できる。さらに、非線形な特性を利用して静止摩擦の影響を抑制しているため、ヘッドの加速度などの状態を検出して制御するような方式での検知回路や切替回路を使わず簡易に、また切り替え時の影響や回路の遅れ時間の影響などなく実現することも可能となる。

【0026】また、本発明のヘッド位置決め装置は、上記制御部が、ヘッドを目標位置に位置決めするための目標位置データとヘッドにより再生された記録媒体上のサーボ情報からのヘッド位置データとの差分を位置誤差データとして入力し、位置誤差データに基づいて微動アクチュエータの変位を制御する微動制御部と、微動アクチュエータの変位量に対応した相対変位データを入力し、粗動アクチュエータによるヘッドの移動を制御する粗動制御部とを備えている。さらに、相対変位データを変換入力データとし、変換入力データの絶対値が小さいときには、変換入力データの絶対値が大きいときに比べて大きな乗数で変換入力データが乗算された乗算の結果を変換出力データとする非線形特性を持った非線形変換器を、粗動制御部は有し、粗動制御部は、変換出力データに基づいて粗動アクチュエータによるヘッドの移動を制御する構成である。

【0027】この構成により、静止摩擦が生じるシーク動作の開始時やフォロイング動作時には、非線形変換器によって、粗動アクチュエータへの制御量が従来に比べて多くなり、この結果、従来よりも大きな駆動力を粗動アクチュエータに加えることが可能となり、静止摩擦の影響を抑制することが可能となる。すなわち、静止摩擦が生じるシーク動作の開始時やフォロイング動作時、まず微動アクチュエータからの相対変位データが微小であり、変換入力データも微小である。非線形変換器は、変換入力データの絶対値が小さいときには変換入力データの絶対値が大きいときに比べて大きな乗数で変換入力データを乗算する非線形変換特性を設定している。このため、相対変位データに対応した変換入力データが微小であるような、静止摩擦が生じる場合に、粗動アクチュエータへの制御量を大きくできる。よって、静止摩擦が生じるような場合に、従来よりも、大きな駆動力を粗動アクチュエータに加えることが可能となる。その結果、粗動アクチュエータの静止摩擦に基づく摩擦力の影響を受けても安定な動作でヘッド位置決め制御が可能となる。また、非線形変換器は、相対変位データの絶対値が大きいときは、従来と同等なゲインに相当する乗数を設定できる。このため、外部衝撃などを受けて微動アクチュエータが外部力で変位し、相対変位データが大きくなったような場合には、従来と同等なゲインとなり、従来とほぼ同等な特性を持たせることで安定性を確保できる。さらに、非線形な特性を利用して静止摩擦の影響を抑制しているため、ヘッドの加速度などの状態を検出して制御

するような方式での検知回路や切替回路を使わず簡易に、また切り替え時の影響や回路の遅れ時間の影響などなく実現することも可能となる。さらに、非線形変換のためのデータをあらかじめ非線形変換テーブルとして設定することで、乗数を連続に変化させるとか、あるレベルは乗数を一定にするなど、正確、柔軟、かつ滑らかな制御をおこなうことができる。

【0028】また、本発明のヘッド位置決め装置は、上記制御部が、微動アクチュエータおよび粗動アクチュエータを制御可能なマイクロプロセッサと、マイクロプロセッサを動作させるためのプログラムを格納するメモリと、マイクロプロセッサを動作させるためのプログラムとを備えている。さらに、プログラムは、マイクロプロセッサがプログラムを読み取って実行することによりヘッド位置決め制御機能を実現させるヘッド位置決め制御プログラムを有する構成である。

【0029】この構成により、メモリから読み取ったヘッド位置決め制御プログラムをマイクロプロセッサで実行することで、静止摩擦が生じるシーク動作の開始時やフォロイング動作時には、非線形変換の機能によって、粗動アクチュエータへの制御量が従来に比べて多くなり、この結果、従来よりも大きな駆動力を粗動アクチュエータに加えることが可能となり、静止摩擦の影響を抑制することが可能となる。すなわち、静止摩擦が生じるシーク動作の開始時やフォロイング動作時、まず微動アクチュエータからの相対変位値が微小である。非線形変換の機能は、相対変位値の絶対値が小さいときには相対変位値の絶対値が大きいときに比べて大きなゲインで相対変位値を非線形変換するよう設定している。このため、相対変位値が微小であるような、静止摩擦が生じる場合に、粗動アクチュエータへの制御量を大きくできる。よって、静止摩擦が生じるような場合に、従来よりも、大きな駆動力を粗動アクチュエータに加えることが可能となる。その結果、粗動アクチュエータの静止摩擦に基づく摩擦の影響を受けても安定な動作でヘッド位置決め制御が可能となる。また、非線形変換の機能として、相対変位値の絶対値が大きいときは、従来と同等なゲインを設定できる。このため、外部衝撃などを受けて微動アクチュエータが外部力で変位し、相対変位値が大きくなったような場合には、従来と同等なゲインとなり、従来とほぼ同等な特性を持たせることで安定性を確保できる。また、非線形な特性を利用して静止摩擦の影響を抑制しているため、ヘッドの加速度などの状態を検出して制御するような方式での検知手段や切替手段としての機能を使わず簡易に実現することも可能となる。さらに、非線形変換のためのデータをあらかじめ非線形変換テーブルとして設定することで、乗数を連続に変化させるとか、あるレベルは乗数を一定にするなど、正確、柔軟、かつ滑らかな制御をおこなうことができる。

【0030】また、本発明のヘッド位置決め装置は、上

記マイクロプロセッサを、微動制御手段、非線形変換手段、粗動制御手段、として機能させるためのヘッド位置決め制御プログラムを有した構成である。微動制御手段は、ヘッドを目標位置に位置決めするための目標位置データとヘッドにより再生された記録媒体上のサーボ情報からのヘッド位置データとの差分を位置誤差データとし、位置誤差データに基づいて微動アクチュエータの変位の制御をおこなう微動制御データを導出し、微動制御データに基づいて微動アクチュエータを駆動する。非線形変換手段は、微動アクチュエータの変位量に対応したデータを相対変位データとし、相対変位データを変換入力データとして変換入力データの絶対値が小さいときには変換入力データの絶対値が大きいときに比べて大きな乗数で変換入力データを乗算された乗算の結果を変換出力データとする非線形特性を持つ。粗動制御手段は、変換出力データに基づいて粗動アクチュエータによるヘッドの移動を制御する粗動制御データを導出し、粗動制御データに基づいて粗動アクチュエータを駆動する。

【0031】この構成により、メモリから読み取ったヘッド位置決め制御プログラムをマイクロプロセッサで実行することで、静止摩擦が生じるシーク動作の開始時やフォロイング動作時には、非線形変換手段としての機能によって、粗動アクチュエータへの制御量が従来に比べて多くなり、この結果、従来よりも大きな駆動力を粗動アクチュエータに加えることが可能となり、静止摩擦の影響を抑制することが可能となる。すなわち、静止摩擦が生じるシーク動作の開始時やフォロイング動作時、まず微動アクチュエータからの相対変位データが微小であり、変換入力データも微小である。非線形変換手段としての機能は、変換入力データの絶対値が小さいときには変換入力データの絶対値が大きいときに比べて大きな乗数で変換入力データを乗算する非線形変換特性を設定している。このため、相対変位データに対応した変換入力データが微小であるような、静止摩擦が生じる場合に、粗動アクチュエータへの制御量を大きくできる。よって、静止摩擦が生じるような場合に、従来よりも、大きな駆動力を粗動アクチュエータに加えることが可能となる。その結果、粗動アクチュエータの静止摩擦に基づく摩擦の影響を受けても安定な動作でヘッド位置決め制御が可能となる。また、非線形変換手段としての機能は、相対変位データの絶対値が大きいとき、従来と同等なゲインに相当する乗数を設定できる。このため、外部衝撃などを受けて微動アクチュエータが外部力で変位し、相対変位データが大きくなったような場合には、従来と同等なゲインとなり、従来とほぼ同等な特性を持たせることで安定性を確保できる。さらに、非線形な特性を利用して静止摩擦の影響を抑制しているため、ヘッドの加速度などの状態を検出して制御するような方式での検知手段や切替手段としての機能を使わず簡易に実現することも可能となる。

【0032】また、本発明のヘッド位置決め制御装置は、上記マイクロプロセッサに次のステップを実行させるための、ヘッド位置決め制御プログラムを有した構成である。ヘッドを目標位置に位置決めするための目標位置データとヘッドにより再生された記録媒体上のサーボ情報からのヘッド位置データとの差分を位置誤差データとするステップ。位置誤差データに基づいて微動アクチュエータの変位を制御する微動制御データを導出するステップ。微動制御データに基づいて微動アクチュエータを駆動するステップ。微動アクチュエータの変位量に対応した相対変位データを入力するステップ。相対変位データを変換入力データとして、変換入力データの絶対値が小さいときには変換入力データの絶対値が大きいときに比べて大きな乗数で変換入力データが乗算された乗算の結果を変換出力データとする、非線形特性を持った非線形変換をおこなうステップ。変換出力データに基づいて粗動アクチュエータを駆動するステップ。

【0033】この構成により、メモリから読み取ったヘッド位置決め制御プログラムをマイクロプロセッサで実行することで、静止摩擦が生じるシーク動作の開始時やフォロ잉動作時には、非線形変換をおこなうステップによって、粗動アクチュエータへの制御量が従来に比べて多くなり、この結果、従来よりも大きな駆動力を粗動アクチュエータに加えることが可能となり、静止摩擦の影響を抑制することが可能となる。すなわち、静止摩擦が生じるシーク動作の開始時やフォロ잉動作時、まず微動アクチュエータからの相対変位データが微小であり、変換入力データも微小である。非線形変換をおこなうステップは、変換入力データの絶対値が小さいときには変換入力データの絶対値が大きいときに比べて大きな乗数で変換入力データを乗算する非線形変換特性を設定している。このため、相対変位データに対応した変換入力データが微小であるような、静止摩擦が生じる場合に、粗動アクチュエータへの制御量を大きくできる。よって、静止摩擦が生じるような場合に、従来よりも、大きな駆動力を粗動アクチュエータに加えることが可能となる。その結果、粗動アクチュエータの静止摩擦に基づく摩擦力の影響を受けても安定な動作でヘッド位置決め制御が可能となる。また、非線形変換をおこなうステップとして、相対変位データの絶対値が大きいときは、従来と同等なゲインに相当する乗数を設定できる。このため、外部衝撃などを受けて微動アクチュエータが外部力で変位し、相対変位データが大きくなったような場合には、従来と同等なゲインとなり、従来とほぼ同等な特性を持たせることで安定性を確保できる。さらに、非線形な特性を利用して静止摩擦の影響を抑制しているため、ヘッドの加速度などの状態を検出して制御するような方式での検知手段や切替手段としてのステップを使わず簡易に実現することも可能となる。

【0034】また、本発明のヘッド位置決め制御プログ

ラムは、ディスク状の記録媒体に情報の記録再生をおこなうヘッドを搭載しヘッドの微細な位置決めをおこなう微動アクチュエータと、微動アクチュエータを搭載したヘッド支持機構を移動させヘッドの粗い位置決めをおこなう粗動アクチュエータと、微動アクチュエータの変位および粗動アクチュエータによるヘッドの移動を制御する制御部とを具備したヘッド位置決め装置を制御するプログラムである。さらに、本ヘッド位置決め制御プログラムは、制御部を、微動制御手段、非線形変換手段、粗動制御手段、として機能させる構成である。微動制御手段は、ヘッドを目標位置に位置決めするための目標位置データとヘッドにより再生された記録媒体上のサーボ情報からのヘッド位置データとの差分を位置誤差データとし、位置誤差データに基づいて微動アクチュエータの変位の制御をおこなう微動制御データを導出し、微動制御データに基づいて微動アクチュエータを駆動する。非線形変換手段は、微動アクチュエータの変位量に対応したデータを相対変位データとし、相対変位データを変換入力データとし、変換入力データの絶対値が小さいときには変換入力データの絶対値が大きいときに比べて大きな乗数で変換入力データが乗算された乗算の結果を変換出力データとする非線形特性を持つ。粗動制御手段は、変換出力データに基づいて粗動アクチュエータによるヘッドの移動を制御する粗動制御データを導出し、粗動制御データに基づいて粗動アクチュエータを駆動する。

【0035】この構成により、本ヘッド位置決め制御プログラムをマイクロプロセッサで実行することで、静止摩擦が生じるシーク動作の開始時やフォロ잉動作時には、非線形変換手段としての機能によって、粗動アクチュエータへの制御量が従来に比べて多くなり、この結果、従来よりも大きな駆動力を粗動アクチュエータに加えることが可能となり、静止摩擦の影響を抑制することが可能となる。すなわち、静止摩擦が生じるシーク動作の開始時やフォロ잉動作時、まず微動アクチュエータからの相対変位データが微小であり、変換入力データも微小である。非線形変換手段としての機能は、変換入力データの絶対値が小さいときには変換入力データの絶対値が大きいときに比べて大きな乗数で変換入力データを乗算する非線形変換特性を設定している。このため、相対変位データに対応した変換入力データが微小であるような、静止摩擦が生じる場合に、粗動アクチュエータへの制御量を大きくできる。よって、静止摩擦が生じるような場合に、従来よりも、大きな駆動力を粗動アクチュエータに加えることが可能となる。その結果、粗動アクチュエータの静止摩擦に基づく摩擦力の影響を受けても安定な動作でヘッド位置決め制御が可能となる。また、非線形変換手段としての機能は、相対変位データの絶対値が大きいとき、従来と同等なゲインに相当する乗数を設定できる。このため、外部衝撃などを受けて微動アクチュエータが外部力で変位し、相対変位データが大

きくなったような場合には、従来と同等なゲインとなり、従来とほぼ同等な特性を持たせることで安定性を確保できる。さらに、非線形な特性を利用して静止摩擦の影響を抑制しているため、ヘッドの加速度などの状態を検出して制御するような方式での検知手段や切替手段としての機能を使わず簡易に実現することも可能となる。

【0036】また、本発明のヘッド位置決め方法は、ディスク状の記録媒体に情報の記録再生をおこなうヘッドを搭載しヘッドの微細な位置決めをおこなう微動アクチュエータと、微動アクチュエータを搭載したヘッド支持機構を移動させヘッドの粗い位置決めをおこなう粗動アクチュエータと、微動アクチュエータの変位および粗動アクチュエータによるヘッドの移動を制御する制御部とを具備したヘッド位置決め装置を制御する方法である。さらに、本ヘッド位置決め方法は、制御部が、次のステップを実行する構成である。ヘッドを目標位置に位置決めするための目標位置データと前記ヘッドにより再生された前記記録媒体上のサーボ情報からのヘッド位置データとの差分を位置誤差データとするステップ。位置誤差データに基づいて微動アクチュエータの変位を制御する微動制御データを導出するステップ。微動制御データに基づいて微動アクチュエータを駆動するステップ。微動アクチュエータの変位量に対応した相対変位データを入力するステップ。相対変位データを変換入力データとし、変換入力データの絶対値が小さいときには変換入力データの絶対値が大きいときに比べて大きな乗数で変換入力データが乗算された乗算の結果を変換出力データとする非線形特性を持った非線形変換をおこなうステップ。変換出力データに基づいて粗動アクチュエータを駆動するステップ。

【0037】この構成により、本ヘッド位置決め方法を実行することで、静止摩擦が生じるシーク動作の開始時やフォロイング動作時には、非線形変換をおこなうステップによって、粗動アクチュエータへの制御量が従来に比べて多くなり、この結果、従来よりも大きな駆動力を粗動アクチュエータに加えることが可能となり、静止摩擦の影響を抑制することが可能となる。すなわち、静止摩擦が生じるシーク動作の開始時やフォロイング動作時、まず微動アクチュエータからの相対変位データが微小であり、変換入力データも微小である。非線形変換をおこなうステップは、変換入力データの絶対値が小さいときには変換入力データの絶対値が大きいときに比べて大きな乗数で変換入力データを乗算する非線形変換特性を設定している。このため、相対変位データに対応した変換入力データが微小であるような、静止摩擦が生じる場合に、粗動アクチュエータへの制御量を大きくできる。よって、静止摩擦が生じるような場合に、従来よりも、大きな駆動力を粗動アクチュエータに加えることが可能となる。その結果、粗動アクチュエータの静止摩擦に基づく摩擦力の影響を受けても安定な動作でヘッド位

置決め制御が可能となる。また、非線形変換をおこなうステップとして、相対変位データの絶対値が大きいときは、従来と同等なゲインに相当する乗数を設定できる。このため、外部衝撃などを受けて微動アクチュエータが外部力で変位し、相対変位データが大きくなったような場合には、従来と同等なゲインとなり、従来とほぼ同等な特性を持たせることで安定性を確保できる。さらに、非線形な特性を利用して静止摩擦の影響を抑制しているため、ヘッドの加速度などの状態を検出して制御するような方式での検知手段や切替手段としてのステップを使わず簡易に実現することも可能となる。

【0038】また、本発明のヘッド位置決め制御プログラムは、上記ヘッド位置決め制御方法を実行させるためのヘッド位置決め制御プログラムとした構成である。

【0039】この構成により、本ヘッド位置決め制御プログラムをマイクロプロセッサで実行することで、静止摩擦が生じるシーク動作の開始時やフォロイング動作時には、非線形変換をおこなうステップによって、粗動アクチュエータへの制御量が従来に比べて多くなり、この結果、従来よりも大きな駆動力を粗動アクチュエータに加えることが可能となり、静止摩擦の影響を抑制することが可能となる。すなわち、静止摩擦が生じるシーク動作の開始時やフォロイング動作時、まず微動アクチュエータからの相対変位データが微小であり、変換入力データも微小である。非線形変換をおこなうステップは、変換入力データの絶対値が小さいときには変換入力データの絶対値が大きいときに比べて大きな乗数で変換入力データを乗算する非線形変換特性を設定している。このため、相対変位データに対応した変換入力データが微小であるような、静止摩擦が生じる場合に、粗動アクチュエータへの制御量を大きくできる。よって、静止摩擦が生じるような場合に、従来よりも、大きな駆動力を粗動アクチュエータに加えることが可能となる。その結果、粗動アクチュエータの静止摩擦に基づく摩擦力の影響を受けても安定な動作でヘッド位置決め制御が可能となる。また、非線形変換をおこなうステップとして、相対変位データの絶対値が大きいときは、従来と同等なゲインに相当する乗数を設定できる。このため、外部衝撃などを受けて微動アクチュエータが外部力で変位し、相対変位データが大きくなったような場合には、従来と同等なゲインとなり、従来とほぼ同等な特性を持たせることで安定性を確保できる。さらに、非線形な特性を利用して静止摩擦の影響を抑制しているため、ヘッドの加速度などの状態を検出して制御するような方式での検知手段や切替手段としてのステップを使わず簡易に実現することも可能となる。

【0040】また、本発明の、ヘッド位置決め制御プログラムを記録した記録媒体は、上記ヘッド位置決め制御プログラムを記録した領域を有し、機械読み取り可能な構成である。

【0041】この構成により、本記録媒体より読み取ったヘッド位置決め制御プログラムを実行することで、静止摩擦が生じるシーク動作の開始時やフォロイング動作時には、非線形変換手段としての機能または非線形変換をおこなうステップによって、粗動アクチュエータへの制御量が従来に比べて多くなり、この結果、従来よりも大きな駆動力を粗動アクチュエータに加えることが可能となり、静止摩擦の影響を抑制することが可能となる。すなわち、静止摩擦が生じるシーク動作の開始時やフォロイング動作時、まず微動アクチュエータからの相対変位データが微小であり、変換入力データも微小である。非線形変換手段としての機能または非線形変換をおこなうステップは、変換入力データの絶対値が小さいときには変換入力データの絶対値が大きいときに比べて大きな乗数で変換入力データを乗算する非線形変換特性を設定している。このため、相対変位データに対応した変換入力データが微小であるような、静止摩擦が生じる場合に、粗動アクチュエータへの制御量を大きくできる。よって、静止摩擦が生じるような場合に、従来よりも、大きな駆動力を粗動アクチュエータに加えることが可能となる。その結果、粗動アクチュエータの静止摩擦に基づく摩擦の影響を受けても安定な動作でヘッド位置決め制御が可能となる。また、非線形変換手段としての機能または非線形変換をおこなうステップとして、相対変位データの絶対値が大きいときは、従来と同等なゲインに相当する乗数を設定できる。このため、外部衝撃などを受けて微動アクチュエータが外部力で変位し、相対変位データが大きくなったような場合には、従来と同等なゲインとなり、従来とほぼ同等な特性を持たせることで安定性を確保できる。

【0042】また、本発明のディスク装置は、ディスク状の記録媒体に情報の記録再生をおこなうヘッドを搭載しヘッドの微細な位置決めをおこなう微動アクチュエータと、微動アクチュエータを搭載したヘッド支持機構を移動させヘッドの粗い位置決めをおこなう粗動アクチュエータと、微動アクチュエータの変位および粗動アクチュエータによるヘッドの移動を制御する制御部とを備えている。さらに、制御部は、微動アクチュエータおよび粗動アクチュエータを制御可能なマイクロプロセッサと、入力データを変換入力データとして入力し変換入力データの絶対値が小さいときには変換入力データの絶対値が大きいときに比べて大きな乗数で変換入力データが乗算された乗算の結果を変換出力データとする非線形特性を持った非線形変換テーブルと、マイクロプロセッサを動作させるためのプログラムを格納するメモリと、マイクロプロセッサを動作させるためのプログラムとを備えている。さらに、このプログラムは、マイクロプロセッサがこのプログラムを読み取って実行することにより、制御部を、微動制御手段、非線形変換手段、粗動制御手段、として機能させるヘッド位置決め制御プログラ

ムを有する構成である。微動制御手段は、ヘッドを目標位置に位置決めするための目標位置データとヘッドにより再生された記録媒体上のサーボ情報からのヘッド位置データとの差分を位置誤差データとし、位置誤差データに基づいて微動アクチュエータの変位の制御をおこなう微動制御データを導出し、微動制御データに基づいて微動アクチュエータを駆動する。非線形変換手段は、微動アクチュエータの変位量に対応したデータを相対変位データとし、相対変位データを変換入力データとし、非線形変換テーブルで変換した結果を変換出力データとする。粗動制御手段は、変換出力データに基づいて粗動アクチュエータによるヘッドの移動を制御する粗動制御データを導出し、粗動制御データに基づいて粗動アクチュエータを駆動する。

【0043】この構成により、メモリから読み取ったヘッド位置決め制御プログラムをマイクロプロセッサで実行することで、静止摩擦が生じるシーク動作の開始時やフォロイング動作時には、非線形変換手段としての機能によって、粗動アクチュエータへの制御量が従来に比べて多くなり、この結果、従来よりも大きな駆動力を粗動アクチュエータに加えることが可能となり、静止摩擦の影響を抑制することが可能となる。すなわち、静止摩擦が生じるシーク動作の開始時やフォロイング動作時、まず微動アクチュエータからの相対変位データが微小であり、変換入力データも微小である。非線形変換手段としての機能は、変換入力データの絶対値が小さいときには変換入力データの絶対値が大きいときに比べて大きな乗数で変換入力データを乗算する非線形変換特性を設定している。このため、相対変位データに対応した変換入力データが微小であるような、静止摩擦が生じる場合に、粗動アクチュエータへの制御量を大きくできる。よって、静止摩擦が生じるような場合に、従来よりも、大きな駆動力を粗動アクチュエータに加えることが可能となる。その結果、粗動アクチュエータの静止摩擦に基づく摩擦の影響を受けても安定な動作でヘッド位置決め制御が可能となる。また、非線形変換手段としての機能として、相対変位データの絶対値が大きいときは、従来と同等なゲインに相当する乗数を設定できる。このため、外部衝撃などを受けて微動アクチュエータが外部力で変位し、相対変位データが大きくなったような場合には、従来と同等なゲインとなり、従来とほぼ同等な特性を持たせることで安定性を確保できる。また、非線形な特性を利用して静止摩擦の影響を抑制しているため、ヘッドの加速度などの状態を検出して制御するような方式での検知手段や切替手段としての機能を使わず簡易に実現することも可能となる。さらに、非線形変換のためのデータをあらかじめ非線形変換テーブルに設定できるので、乗数を連続に変化させるとか、あるレベルは乗数を一定にするなど、正確、柔軟、かつ滑らかな制御をおこなうことができる。

【0044】また、本発明のディスク装置は、上記ヘッド位置決め装置を具備した構成である。

【0045】この構成により、静止摩擦の影響を抑制したヘッド位置決め制御が可能なディスク装置を提供できることとなる。

【0046】また、本発明のディスク装置は、上記ヘッド位置決め制御方法を用いた構成である。

【0047】この構成により、静止摩擦の影響を抑制したヘッド位置決め制御が可能なディスク装置を提供できることとなる。

【0048】また、本発明のディスク装置は、上記ヘッド位置決め制御プログラムを具備した構成である。

【0049】この構成により、静止摩擦の影響を抑制したヘッド位置決め制御が可能なディスク装置を提供できることとなる。

【0050】また、本発明のディスク装置は、上記ヘッド位置決め制御プログラムを記録した領域を有する機械読み取り可能な記録媒体を具備した構成である。

【0051】この構成により、静止摩擦の影響を抑制したヘッド位置決め制御が可能なディスク装置を提供できることとなる。

【0052】

【発明の実施の形態】以下、本発明によるヘッド位置決め装置、ヘッド位置決め制御方法、ヘッド位置決め制御プログラム、ヘッド位置決め制御プログラムを記録した記録媒体、およびこれらを用いたディスク装置の実施の形態について、磁気ディスク装置を例にとり、図面を参照して説明する。

【0053】（第1の実施の形態）図1は、本発明の第1の実施の形態であるヘッド位置決め装置の構成を示す構成図である。図1において、ディスク状の記録媒体の1つである磁気ディスク11（以下ディスクと呼ぶ）に情報の記録再生をおこなう磁気ヘッド12（以下ヘッドと呼ぶ）は、ヘッドスライダ13の先端に一体的に形成されている。ヘッドスライダ13は、微動アクチュエータ52の先端に搭載され、さらに微動アクチュエータ52は、ヘッド支持機構14の先端部に連結されている。ヘッド支持機構14は、磁気ディスク装置本体に設けた回転軸140を中心として粗動アクチュエータ51により駆動され、微動アクチュエータ52と協働してヘッド12の位置決めをおこなう。このように、本実施の形態での位置決め機構の構成は、粗動アクチュエータ51と微動アクチュエータ52との二重アクチュエータの構成である。粗動アクチュエータ51は、ボイスコイルモータなどによりヘッド支持機構14を回転させることで、先端のヘッド12を動かし、主としてシーク動作や複数のトラックジャンプなどの大移動のために使用される。一方、微動アクチュエータ52は、ピエゾ素子の変位などにより、可動範囲は狭いが広帯域な位置制御をすることで、先端のヘッド12を動かし、主としてトラック追

従や1トラックのジャンプなどの高速で微小な位置決めを使用される。

【0054】本実施の形態での位置決め機構は、制御回路で構成された制御部16からの制御信号に基づいて駆動され位置決めする。制御部16は、微動アクチュエータ52の変位量に応じた信号、ヘッド12から読み出したサーボ情報、および所要の位置決め動作をさせるため指示された目標位置情報などに基づいて制御信号を生成する。制御信号は、減算器95、位相補償回路610と非線形変換器18とで構成された粗動制御部161、および位相補償回路620と増幅器621とで構成された微動制御部162よりなる制御回路で生成される。制御信号は、駆動回路63で駆動信号に変換して粗動アクチュエータ51を駆動し、駆動回路64で駆動信号に変換して微動アクチュエータ52を駆動して、両アクチュエータのサーボ制御をおこなう。

【0055】また図1に示すように、微動アクチュエータ52は、破線aで示したヘッド支持機構14の延長線上の位置を中心位置Y1として、ディスク11の内周および外周の両方向に変位し、ヘッド12の微小な位置決めをおこなう。ここでは、中心位置Y1からヘッド12の位置までを、変位量Y2で示している。本実施の形態では、粗動アクチュエータ51による位置、すなわち中心位置Y1と、微動アクチュエータ52の変位量Y2とを併せてヘッド12のヘッド位置Yとして、ヘッド12を目標位置Rまで移動させ、目標位置Rで目標トラックに追従させるような位置決めをおこなう。

【0056】図2は、図1に示す本実施の形態の二重アクチュエータを制御するサーボ制御系の構成を示すブロック図である。ここでは、本実施の形態のサーボ制御系を解り易く説明するため、ディスク装置の機構構造的な説明は省略し、本サーボ制御系をモデル化したブロック図で説明する。また図2にて、図1と同一の構成要素については同一の符号を付している。図2において、微動アクチュエータ52は、微動制御部162からの微動制御信号u2に基づいて、図1に示す変位量Y2に相当する変位を制御され、中心位置Y1から変位することでヘッド12を微小な位置だけ移動させる。粗動アクチュエータ51は、粗動制御部161からの粗動制御信号u1に基づいて、図1に示す目標位置Rまで、ヘッド12を含むヘッド支持機構14を移動させる。微動制御部162は、微動アクチュエータ52を制御するため、位相補償回路620で所定の周波数特性および位相特性と、増幅器621で所定の増幅率であるゲインとが設定されている。ここでは、位相補償回路620から増幅器621への従属接続で説明しているが、逆でも良く、また演算増幅器等により同一回路で構成しても、所定の周波数特性および位相特性とゲインが設定できればどのような構成でもよい。

【0057】粗動制御部161は、粗動アクチュエータ

51を制御するため、位相補償回路610で所定の周波数特性および位相特性と、非線形変換器18で所定のゲインとが設定されている。非線形変換器18は、後で詳細を説明するが、変換入力信号 u_i に応じて異なったゲインで変換入力信号 u_i を増幅して出力する非線形特性を有している。

【0058】微動アクチュエータ52の先端に取り付けられたヘッド12は、ディスク11上に記録されたサーボ情報より、ヘッド12の現在位置を示す、すなわちヘッド位置 Y に相当するヘッド位置データを読み取る。図2では、このヘッド位置データをヘッド位置信号 y とし、このヘッド位置信号 y は、粗動アクチュエータ51によるヘッド12の位置 Y_1 の仮想信号 y_1 と、微動アクチュエータ52による変位量 Y_2 に相当する相対変位信号 y_2 とを、仮想の加算器94で加算してヘッド位置信号 y としたモデルで示している。ヘッド位置信号 y は、目標トラックまで移動させるために指示された目標位置 R に相当する目標位置信号 r より、減算器95によって減算される。この減算による差分は、位置誤差を示す位置誤差信号 e_2 として出力される。この位置誤差信号 e_2 は、微動制御部162に入力され、微動アクチュエータ52が位置制御される。一方、微動アクチュエータ52によるヘッド位置の変位量 Y_2 は、従来例で説明したようにピエゾ素子等を用いた場合に検出可能である。ここでは、微動アクチュエータ52の実際の変位量 Y_2 を検出した検出信号を、相対変位値を示す相対変位信号 y_2 として検出している。この相対変位信号 y_2 は、粗動制御部161に入力され、粗動アクチュエータ51によるヘッド12の移動が制御される。

【0059】このような構成により、目標トラックに向けてトラック間の移動動作をおこなうシーク動作モードと、目標トラックの中心にヘッドを追従させるフォロ잉動作モードとの二つの動作モードに対して、粗動アクチュエータ51と微動アクチュエータ52との協働によってヘッド12の位置決めをする、ヘッド位置決め制御がおこなわれる。

【0060】従来例で説明した構成では、ヘッド位置決め制御において、粗動アクチュエータの静止摩擦に基づく摩擦力の影響を考慮してないため、円滑な移動操作が困難となったり、サーボ制御が正確におこなわれない状態が生じるという問題があった。

【0061】以下、本実施の形態のヘッド位置決め装置によれば、従来例と比較して、粗動アクチュエータの静止摩擦に基づく摩擦力の影響を受けても安定な動作でヘッド位置決め制御が可能となる動作について説明する。本実施の形態では、静止摩擦に基づく摩擦力の影響を抑制するため、粗動制御部161に非線形変換器18を設けている。非線形変換器18は、相対変位信号 y_2 に応じた信号である位相補償回路610からの信号を変換入力信号 u_i とし、変換入力信号 u_i の振幅に依存したゲ

インで、変換入力信号 u_i を増幅し、変換出力信号 u_o とする非線形特性を有している。さらに、この非線形特性は、変換入力信号 u_i の振幅が小さいときには、振幅が大きいつきに比べて大きなゲインで変換入力信号 u_i を増幅して、変換出力信号 u_o に変換する特性を有していることを特徴としている。より詳細に言えば、検出した相対変位信号 y_2 は、変位量ゼロに相当する中心位置 Y_1 を中心として正負を有しており、変換入力信号 u_i も正負を有した信号であるため、変換入力信号 u_i の振幅である正負の符号を持たない絶対値に依存したゲインで変換入力信号 u_i を増幅する。

【0062】このような非線形特性を非線形変換器18は持っているため、本実施の形態のヘッド位置決め装置は、目標位置信号 r で指示された目標トラックまでのヘッド12の位置決めをおこなうヘッド位置決め制御を次のような動作でおこなう。

【0063】ここでは、本実施の形態において、粗動アクチュエータの静止摩擦に基づく摩擦力の影響を受けても安定に動作することを説明するため、静止摩擦が問題となる短距離シーク動作時やフォロ잉動作時での動作を中心に述べる。また、変換入力信号 u_i の振幅が大きいつきは従来例と同等なゲインが、変換入力信号 u_i の振幅が小さいときは従来例より高いゲインが、非線形変換器18にあらかじめ設定されているとして説明する。

【0064】シーク動作の場合、目標トラックが指示されると、ヘッド位置 Y を示すヘッド位置信号 y と目標位置信号 r との差が生じ、この差は、位置誤差信号 e_2 として微動制御部162に入力される。微動制御部162は速い応答性のため、微動アクチュエータ52が目標トラック方向にまず変位を始める。微動アクチュエータ52は変位を続け、微動アクチュエータ52の変位量 Y_2 は相対変位信号 y_2 として粗動制御部161に入力される。粗動制御部161は遅い応答性のため、ヘッド支持機構14は、粗動アクチュエータ51により、通常は目標トラック方向へゆっくりと移動を始めて、シーク動作が開始される。しかし、ヘッド支持機構14を支える回転軸140の静止摩擦が大きいつき、シーク動作開始時に、この静止摩擦力を越える駆動力が必要となる。

【0065】このとき、従来例として図13で示したように、粗動制御部91の増幅器911のゲインが一定の場合には、この静止摩擦力を越える駆動力となるまで、ヘッド支持機構14は静止した状態で粗動制御信号 u_1 が増加していく。増加量が、静止摩擦力を越える増加量となった時点で、ヘッド支持機構14は、移動を始める。移動を始めた時点で、動摩擦に変わり、動摩擦は静止摩擦と比較して大きな駆動力を必要としないため、急激にヘッド支持機構14は移動する。一方、短距離のシーク動作やフォロ잉動作の場合、微動アクチュエータ52の変位量 Y_2 はあまり大きくならない。このた

め、静止摩擦が大きいと、粗動制御信号 u_1 は、静止摩擦力を越える駆動力とまで大きくならず、ヘッド支持機構 14 は、静止した状態を継続することとなる。このような状態になると、微動アクチュエータ 52 は、目標トラック方向への変位と、その結果、位置誤差信号 e_2 が小さくなったためによる変位量ゼロ方向への変位とを繰り返す発振状態や、意図しない位置へ変位した状態となるなどの不都合を生じた。

【0066】本実施の形態では、従来例の粗動制御部 91 のゲインが一定な増幅器 911 に対して、粗動制御部 161 に非線形変換器 18 を設けている。この非線形変換器 18 は、相対変位信号 y_2 に応じた信号である位相補償回路 610 からの信号を変換入力信号 u_i とし、変換入力信号 u_i が微小な振幅のときは、従来例と比べて、ゲインが大きくなるよう設定されている。ところで、本実施の形態の二重アクチュエータの構成は、シーク動作終了後は、常に微動アクチュエータ 52 の変位量 Y_2 がゼロとなるようにヘッド位置決め制御がおこなわれる。すなわち、次のシーク動作開始時、相対変位信号 y_2 は、常にゼロに近い微小な振幅でシーク動作が開始される。よって、シーク動作を開始した時点では、この微小な振幅の相対変位信号 y_2 に応じた信号である位相補償回路 610 からの信号、すなわち変換入力信号 u_i が、非線形変換器 18 に入力される。変換入力信号 u_i は微小な振幅であるため、非線形変換器 18 により、従来例に比べて、大きなゲインで増幅される。言い換えれば、シーク動作の開始時は、従来例に比べて、より大きな駆動力で粗動アクチュエータ 51 は駆動される。このように、粗動制御部 161 は、従来例に比べて、より大きな駆動力で粗動アクチュエータ 51 を駆動するため、静止摩擦による影響を抑制することができ、安定な動作でヘッド位置決め制御が可能となる。静止摩擦力に打ち勝った後は、動摩擦の状態となり、シーク動作開始時に比べて、大きな駆動力を必要としない。また、長距離のシーク動作の場合では、シーク動作開始後、微動アクチュエータ 52 の変位量 Y_2 は十分大きくなり、非線形変換器 18 のゲインは、従来例と同等なゲインとなる。このときは動摩擦となっているため、大きな駆動力を必要とせず安定に動作する。

【0067】フォロイング動作の場合、相対変位信号 y_2 が微小な振幅であるため、本実施の形態では、粗動制御部 161 に非線形変換器 18 を設けていることで、粗動制御部のゲインが一定な増幅器を使用した従来例と比べて、ゲインが大きくなる。このため、粗動制御部 161 は、シーク動作の開始時と同様に、従来例に比べて、より大きな駆動力で粗動アクチュエータ 51 を駆動することが可能となる。よって、静止摩擦による影響を抑制することができ、安定な動作でヘッド位置決め制御が可能となる。また、従来例と比べて、サーボ制御系のゲインが大きいため、より高速な追従動作も可能となる。

【0068】ところで、一般にサーボ制御系のゲインを大きくすると、追従動作の速度は速くなるが、同時にサーボ制御系の位相余裕が少なくなる。その結果、系が振動的となり、不安定となったり、外乱による影響を受けやすく、外乱に対する安定性も低下する。このため、通常は、ある程度粗動制御部のゲインを低く抑え、サーボ制御系が振動的になるのを抑制して、安定化を図ることが必要であり、粗動制御部のゲインを上げるには限界がある。一方、本実施の形態ではこれに反して、変換入力信号 u_i が微小な振幅である場合には、従来例に比べて、ゲインを大きくしている。しかしながら、ゲインが大きいのは、変換入力信号 u_i が微小な振幅である範囲と限ることにより、十分な安定性を保持している。例えば、外部から衝撃が加わったような場合、微動アクチュエータ 52 および粗動アクチュエータ 51 は、追従しているトラック位置から大きくはずれる。このとき、目標位置に引き込むために、相対変位信号 y_2 も大きくなり、従来例と同等なゲインとなるので、従来例とほぼ同様な引き込み動作をおこなうことができる。このように、非線形変換器 18 のゲイン特性により、従来とほぼ同等な安定性を確保している。

【0069】以上、粗動アクチュエータによりヘッド支持機構を駆動する場合、回転軸に静止摩擦が生じ、この静止摩擦が大きいと、円滑な移動操作が困難となり、サーボ制御が正確におこなわれない状態が生じる可能性があった。本実施の形態では、静止摩擦が生じるシーク動作の開始時やフォロイング動作時、微動アクチュエータ 52 からの相対変位信号 y_2 が微小であることを利用している。非線形変換器 18 は、変換入力信号 u_i の振幅が大きいつきに比べて小さいときにゲインが大きくなるよう設定しているため、相対変位信号 y_2 が微小であるような、静止摩擦が生じる場合に、粗動制御部 161 のゲインが大きくなる。よって、静止摩擦が生じる場合に、従来例よりも、大きな駆動力を粗動アクチュエータに加えることが可能となる。その結果、粗動アクチュエータの静止摩擦に基づく摩擦力の影響を受けても安定な動作でヘッド位置決め制御が可能となる。また、非線形変換器 18 は、変換入力信号 u_i の振幅が大きいつきは、従来例と同等なゲインを設定しているため、外部衝撃などを受けた場合には、従来例とほぼ同等な特性を持たせることで安定性を確保している。さらに、非線形な特性を利用して静止摩擦の影響を抑制しているため、ヘッドの加速度などの状態を検出して制御するような方式での検知回路や切替回路を使わず簡易に、また切り替え時の影響や回路の遅れ時間の影響などなく実現することも可能である。

【0070】図3は、非線形変換器 18 の具体的な構成を示すブロック図と、その入出力特性図との一例である。図3の (a) はブロック図、図3の (b) は入出力特性図、図3の (c) は他の入出力特性図を示す。

【0071】図3の(a)において、レベル判定回路811により変換入力信号u iの振幅レベルを検出して、ゲイン設定部812にあらかじめ設定された複数の所定のゲイン値より、レベル判定回路811により検出した振幅レベルに応じてゲイン値を選択する。ゲイン値は、変換入力信号u iの振幅が小さいときには、振幅が大きいときに比べて大きなゲイン値となるように設定されている。このゲイン値に相当するゲイン値信号が、可変増幅器810に送られ、このゲイン値に相当するゲインで変換入力信号u iを増幅して、変換出力信号u oを出力する。

【0072】図3の(b)は、この変換入力信号u iと変換出力信号u oの関係を示した、入出力特性図の一例である。ゲインは、入出力特性の傾きに相当することより、図3の(b)の例では、変換入力信号u iの振幅が振幅レベルu n以上のときに比べて、変換入力信号u iの振幅が振幅レベルu n以下のときに大きなゲインで変換入力信号u iが増幅される非線形特性としている。厳密な言い方をすれば、非線形変換器18は、変換入力信号u iのレベルがu nと-u nである振幅レベルu nを境界点として、この境界点において、変換入力信号u iの振幅が大きいときに比べて、変換入力信号u iの振幅が小さいときに大きなゲインで変換入力信号u iが増幅される非線形特性を持っている。シーク動作の開始時やフォロイング動作時には、相対変位信号y 2に応じた信号である位相補償回路610からの信号、すなわち変換入力信号u iは、振幅レベルu n以下である。このため、振幅レベルu n以上のときのゲインを従来例と同等なゲインとすると、シーク動作の開始時やフォロイング動作時には、従来例に比べて大きなゲインとなり、静止摩擦に対して、従来例よりも大きな駆動力で粗動アクチュエータ51を駆動し、静止摩擦による影響を抑制できる。しかし、シーク動作の中間時などでは、変換入力信号u iは振幅レベルu n以上となるため従来と同等なゲインとなり、従来例とほぼ同様な動作をおこなう。

【0073】図3の(c)は、入出力特性の他の例である。ここでは、ゲインを3段階に分けている。この例でも、変換入力信号u iの振幅が大きいときに比べて、変換入力信号u iの振幅が小さいときに大きなゲインで変換入力信号u iが増幅される非線形特性を有している。この特性により、図3の(b)の場合と同様に、静止摩擦による影響を抑制できる。また、ゲインを3段階に分けているが、段階をさらに分けることでより綿密に制御することが可能である。

【0074】図4は、非線形変換器18の他の具体的な構成を示すブロック図と、その入出力特性図との一例である。図4の(a)はブロック図、図4の(b)は入出力特性図を示す。

【0075】図4の(a)において、レベル変換回路821により変換入力信号u iは振幅レベルに比例した信

号に変換される。この変換された信号は、可変減衰器820に送られ、この変換された信号で可変減衰器820の減衰量を、変換された信号が小さいとき減衰量が少なくなるように可変して、変換入力信号u iを減衰させ、増幅器822で所定のゲインで増幅して、変換出力信号u oを出力する。

【0076】図4の(b)は、この変換入力信号u iと変換出力信号u oの関係を示した、入出力特性図である。図4の(a)の構成は、変換入力信号u iの振幅が大きいときに比べて、変換入力信号u iの振幅が小さいときに大きなゲインで変換入力信号u iが増幅される非線形特性としている。シーク動作の開始時やフォロイング動作時には、相対変位信号y 2に応じた信号である位相補償回路610からの信号、すなわち変換入力信号u iは小さい。このため、振幅が大きいときのゲインを従来例とほぼ同等なゲインとすると、シーク動作の開始時やフォロイング動作時には、従来例に比べて大きなゲインとなり、静止摩擦に対して、従来例よりも大きな駆動力で粗動アクチュエータを駆動し、静止摩擦による影響を抑制できる。しかし、シーク動作の中間時などでは、変換入力信号u iは振幅が大きくなるため従来例と同等なゲインとなり、従来例とほぼ同様な動作をおこなう。また、ゲインは、変換入力信号u iの振幅が減少するに従い、ゲインは連続に増加している。このため、図3の構成や切替動作が必要な方式に比べて、ゲイン切り替えによる急激な状態変化などなく、位置決め動作の全期間中、滑らかな制御をおこなうことができる。

【0077】また、非線形変換器18は、図3から図4までで説明した以外にも実現可能である。例えば、半導体の非線形特性を利用した構成なども可能である。

【0078】以上説明したように本実施の形態では、制御部16が、ヘッドを目標位置に位置決めするための目標位置とヘッドの現在位置間の距離である位置誤差に基づいて、微動アクチュエータの変位を制御し、微動アクチュエータの変位量に対応した値を相対変位値として検出し、相対変位値の絶対値が小さいときには、相対変位値の絶対値が大きいときに比べて大きなゲインで相対変位値に応じた値を非線形変換し、非線形変換した結果に基づいて、粗動アクチュエータによるヘッドの移動を制御するヘッド位置決め制御機能を有しており、これにより、粗動アクチュエータの静止摩擦に基づく摩擦力の影響を受けても安定な動作でヘッド位置決め制御が可能となる。

【0079】(第2の実施の形態)図5は、本発明の第2の実施の形態を示すヘッド位置決め装置の二重アクチュエータを制御するサーボ制御系の構成を示すブロック図である。ディスク装置の機構的な構成については、第1の実施の形態と同様のため、ここでは、ディスク装置の機構的な説明は省略する。また、第1の実施の形態と同一の構成要素については、図2と同一の符号を付して

いる。図5において、制御部26の粗動制御部261の内部構成のみが図2と異なっているが、粗動アクチュエータ51および微動アクチュエータ52の位置決め制御をおこなう動作については同一である。また、動作原理としても第1の実施の形態と同じである。

【0080】以下、第1の実施の形態と異なる部分、および本第2の実施の形態でも第1の実施の形態と同様に静止摩擦による影響を抑制できる動作について説明する。本実施の形態では、第1の実施の形態と同様に静止摩擦による影響を抑制するため粗動制御部261に非線形変換器28を設けている。非線形変換器28は、相対変位値を示す相対変位信号 y_2 を変換入力信号 u_i とし、変換入力信号 u_i の振幅に依存したゲインで、変換入力信号 u_i を増幅し、変換出力信号 u_o とする非線形特性を有している。さらに、この非線形特性は、相対変位信号 y_2 である変換入力信号 u_i の振幅が小さいときには、振幅が大きいときに比べて大きなゲインで変換入力信号 u_i を増幅して、変換出力信号 u_o に変換する特性を有していることを特徴としている。変換出力信号 u_o は、位相補償回路612により所定の周波数特性および位相特性に位相補償され、増幅器613により所定のゲインで増幅されて、粗動制御部261からの粗動制御信号 u_1 として粗動アクチュエータ51を制御する。

【0081】本実施の形態は、第1の実施の形態と比べて、位相補償回路612の前に非線形変換器28を設けている。すなわち、図2と比較して、位相補償回路と非線形変換器の順序が逆であるが、微動アクチュエータ52の変位量 Y_2 に応じて、変位量 Y_2 が大きい場合には粗動制御信号 u_1 は従来例と同じであり、変位量 Y_2 が小さい場合には粗動制御信号 u_1 は従来例より大きくなる点で、本実施の形態と第1の実施の形態とは同一である。よって、本実施の形態は、第1の実施の形態とほぼ同一の動作をおこない、同様の効果を有している。

【0082】これより、本実施の形態では、シーク動作の開始時やフォロイング動作時には、静止摩擦に対して、従来例よりも大きな駆動力で粗動アクチュエータ51を駆動し、静止摩擦による影響を抑制する。しかし、シーク動作の中間時などでは、従来例とほぼ同様な動作をおこなう。また、非線形な特性を利用して静止摩擦による影響を抑制しているため、状態の検知回路や切替回路を使わずに簡易に実現することも可能である。

【0083】さらに、微動アクチュエータ52は、微動アクチュエータ52自体が非線形特性を持っているため、逆非線形特性を持つ回路で変位量と検出信号が比例するように補正することがある。このような場合、非線形変換器28で、この逆非線形特性も合わせ持つようなことで、回路素子を減らすことが可能である。

【0084】以上説明したように本実施の形態では、制御部26が、ヘッドを目標位置に位置決めするための目標位置とヘッドの現在位置間の距離である位置誤差に基

づいて、微動アクチュエータの変位を制御し、微動アクチュエータの変位量に対応した値を相対変位値として検出し、相対変位値の絶対値が小さいときには、相対変位値の絶対値が大きいときに比べて大きなゲインで相対変位値を非線形変換し、非線形変換した結果に基づいて、粗動アクチュエータによるヘッドの移動を制御するヘッド位置決め制御機能を有しており、これにより、粗動アクチュエータの静止摩擦に基づく摩擦力の影響を受けても安定な動作でヘッド位置決め制御が可能となる。

【0085】(第3の実施の形態)図6は、本発明の第3の実施の形態であるヘッド位置決め装置の構成を示す構成図である。ディスク装置の機構的な構成については、第1の実施の形態と同様のため、ここでは、ディスク装置の機構的な説明は省略する。また、第1の実施の形態と同一の構成要素については、図1と同一の符号を付している。本実施の形態では、制御部がデジタル信号処理によりおこなわれているところが、図1で説明した第1の実施の形態と異なっている。

【0086】図6において、本実施の形態での二重アクチュエータは、デジタル制御回路で構成された制御部36の粗動制御データ u_1 および微動制御データ u_2 をD/A変換器65およびD/A変換器66でデジタルデータからアナログ信号に変換し、さらに駆動回路63および駆動回路64で変換した駆動信号に基づいて駆動され位置決めする。制御部36は、微動アクチュエータ52の変位量 Y_2 に対応した信号をA/D変換器67でアナログ信号からデジタルデータに変換した相対変位値を示す相対変位データ y_2 、ヘッド12から読み出したサーボ信号からの位置データ y 、および所要の位置決め動作をさせるため指示された目標位置データ r などにより制御データを生成し、導出された制御データに基づいた駆動信号で粗動アクチュエータ51および微動アクチュエータ52のサーボ制御をおこなう。

【0087】制御部36において、現在位置を示すヘッド位置データ y と目標位置データ r は、減算回路で実現された減算器395で減算され、減算による差分が、位置誤差を示す位置誤差データ e_2 として出力される。微動制御部362は、位置誤差データ e_2 を入力し、微動アクチュエータ52を制御するため、位相補償回路622で所定の位相および周波数特性と、乗算器623で所定の増幅率であるゲインとが設定されている。位相補償回路622は、加減算器、遅延素子、および乗算回路で構成されたデジタルフィルタで実現できる。また、乗算器623は乗算回路として、加算器とビットシフト回路を組み合わせたもの、あるいは乗算結果を記憶させたメモリによる変換テーブルを用いても実現できる。なお、位相補償回路622から乗算器623へ従属接続で説明しているが、逆でも、また乗算機能を位相補償回路622に含めてもよく、微動アクチュエータ52を駆動するための所定の位相および周波数特性とゲインを設定でき

ればどのような構成でもよい。粗動制御部361は、相対変位データ y_2 を入力し、粗動アクチュエータ51を制御するため、位相補償回路612で所定の位相および周波数特性と、非線形変換テーブル38で所定のゲインとが設定されている。本実施の形態では、非線形変換テーブル38が、非線形特性を持った非線形変換器として機能している。非線形変換テーブル38は、変換入力データ u_i に対し、変換入力データ u_i の絶対値に応じた乗数で乗算した結果を記憶させたメモリで実現している。また、非線形変換テーブル38は、相対変位データ y_2 に応じたデータである位相補償回路612からのデータを変換入力データ u_i とし、変換入力データ u_i の絶対値が小さいときには、絶対値が大きいために比べて大きな乗数で変換入力データ u_i に対して乗算された結果を有したデータが格納されており、このデータを変換出力データ u_o としている。この乗数は、本サーボ制御系の粗動アクチュエータへのゲインに相当する。

【0088】このような構成により、目標トラックに向けてトラック間の移動動作をおこなうシーク動作モードと、目標トラックの中心にヘッドを追従させるフォロイング動作モードの二つの動作モードに対して粗動アクチュエータ51と微動アクチュエータ52の協働によってヘッド12の位置決めをするヘッド位置決め制御がおこなわれる。本実施の形態では、サーボ制御系をデジタル処理しているため、第1の実施の形態と比べ構成は異なるが、動作としては同一の動作をおこなう。すなわち、動作原理としては、図2のサーボ制御系モデルで説明したのと同じであり、同一の効果が得られる。さらに、非線形変換テーブル38は、メモリに所望のデータを格納すればよいので、アナログ手段に比較して、所望の特性を、より正確、柔軟、かつ容易に得ることができる。このため、第1の実施の形態や第2の実施の形態に比べて、より安定な位置決め動作が可能である。

【0089】図7は、非線形変換テーブル38の具体的な構成を示すブロック図と、その入出力特性図との一例である。図7の(a)はブロック図、図7の(b)は入出力特性図を示す。図7の(a)において、記憶素子であるメモリ381には、変換入力データ u_i のデータ値に一致するアドレスに、変換入力データ u_i に対する所望の出力値がデータとして格納されており、変換入力データ u_i が入力されると所望の変換出力データ u_o が出力される。

【0090】図7の(b)は、この変換入力信号 u_i と変換出力信号 u_o の関係を示した、入出力特性図の一例である。図7の(a)の構成では、変換入力データ u_i の絶対値が小さいときには、変換入力データ u_i の絶対値が大きいために比べて大きな乗数で変換入力データ u_i が乗算された特性を持つ非線形特性としている。特に、図7の(b)に示す特性は、変換入力データ u_i の絶対値が u_m 以上の変換入力データ u_i に対しては、従

来例と同等な一定ゲインに相当するよう設定し、変換入力データ u_i の絶対値が u_m 以下の変換入力データ u_i に対しては、変換入力データ u_i の絶対値の減少に伴いゲインは徐々に増加していく特性に相当するよう設定している。非線形変換テーブル38をこのような入出力特性としているので、変換入力データ u_i の絶対値が大きいときのゲインは従来例とほぼ同等なゲインのため、シーク動作の中間時などでは、相対変位データ y_2 に応じたデータである位相補償回路612からのデータ、すなわち変換入力データ u_i の絶対値が大きく、従来例と同様な動作をおこなう。しかし、シーク動作の開始時やフォロイング動作時には、変換入力データ u_i の絶対値は小さいため大きなゲインとなり、静止摩擦に対して、従来例よりも大きな駆動力で粗動アクチュエータ51を駆動し、静止摩擦による影響を抑制できる。また、図7の(b)のような特性カーブは、絶対値 u_m 以下において、変換入力データ u_i の絶対値が u_m 付近では、ゲインは従来例よりやや大きく、変換入力データ u_i の絶対値が減少するに従い、ゲインは大きく増加している。ゲインが連続的に変化するようにしているため、切替動作が必要な方式に比べて、位置決め動作の全期間中、滑らかな制御をおこなうことができる。

【0091】図8は、図6で説明した本実施の形態の、他の構成を示した構成図である。図8で、制御部46の粗動制御部461において、非線形変換テーブル48と位相補償回路614を逆にしたところが、図6と異なっている。すなわち、非線形変換テーブル48で先に非線形変換処理をおこない、その後位相補償回路614で位相補償の演算処理をおこなっている。しかし、第2の実施の形態で説明したように、本実施の形態でも、図8での効果としては、図6と同様の効果を得ることができる。さらに、微動アクチュエータ52は、微動アクチュエータ52自体が非線形特性を持っているため、逆非線形特性を持つ非線形テーブルで変位量と検出信号からの検出データが比例するように補正することがある。このような場合、非線形変換テーブル48で、この逆非線形特性も合わせ持つようなことで、回路素子を減らすことが可能である。

【0092】以上説明したように本実施の形態では、制御部36が、ヘッドを目標位置に位置決めするための目標位置とヘッドの現在位置間の距離である位置誤差に基づいて、微動アクチュエータの変位を制御し、微動アクチュエータの変位量に対応した値を相対変位値として検出し、相対変位値の絶対値が小さいときには、相対変位値の絶対値が大きいために比べて大きなゲインで相対変位値に応じた値を非線形変換し、非線形変換した結果に基づいて、粗動アクチュエータによるヘッドの移動を制御するヘッド位置決め制御機能を有している。また、制御部46が、ヘッドを目標位置に位置決めするための目標位置とヘッドの現在位置間の距離である位置誤差に基

づいて、微動アクチュエータの変位を制御し、微動アクチュエータの変位量に対応した値を相対変位値として検出し、相対変位値の絶対値が小さいときには、相対変位値の絶対値が大きいときに比べて大きなゲインで相対変位値を非線形変換し、非線形変換した結果に基づいて、粗動アクチュエータによるヘッドの移動を制御するヘッド位置決め制御機能を有している。これにより、粗動アクチュエータの静止摩擦に基づく摩擦力の影響を受けても安定な動作でヘッド位置決め制御が可能となる。

【0093】(第4の実施の形態)図9は、本発明の第4の実施の形態であるヘッド位置決め装置の構成を示す構成図である。ディスク装置の機構的な構成については、第1の実施の形態と同様のため、ここでは、ディスク装置の機構的な説明は省略する。また、第3の実施の形態と同一の構成要素については、図6と同一の符号を付している。本実施の形態では、制御部がデジタル信号処理によりおこなわれているところが、図1で説明した第1の実施の形態と異なっており、デジタル信号処理がマイクロプロセッサによりおこなわれるところが、図6や図8で説明した第3の実施の形態と異なっている。

【0094】図9において、本実施の形態での二重アクチュエータは、マイクロプロセッサ561によるデジタル演算によってサーボ制御する制御部56の粗動制御データu1および微動制御データu2を、共通バス564を介してDA変換器65およびDA変換器66に出力し、DA変換器65およびDA変換器66でアナログ信号に変換し、さらに、二重アクチュエータは、駆動回路63および駆動回路64で変換した駆動信号に応じて駆動され位置決めする。制御部56は、微動アクチュエータ52の変位量Y2に対応した信号をAD変換器67でデジタルデータに変換した相対変位データy2、ヘッド12から読み出したサーボ信号からのヘッド位置データy、および所要の位置決め動作をさせるため指示された目標位置データrなど、共通バス564を介して入力し、これらのデータより制御データを生成し、導出された制御データに基づいた駆動信号で粗動アクチュエータ51および微動アクチュエータ52のサーボ制御をおこなう。また、サーボ制御をおこなうための制御プログラム563は、ヘッド位置決め制御方法を実行させるためのヘッド位置決め制御プログラムとして、機械読み取り可能な記録媒体としてのメモリ562に格納されており、マイクロプロセッサ561で順次読み取ってサーボ制御を実行する。また、本発明の特徴とする非線形変換テーブル58も、メモリ562に格納されている。本実施の形態では、非線形変換テーブル58が、所望の非線形変換をおこなうよう機能している。非線形変換テーブル58は、メモリ562以外のメモリに格納してもよい。

【0095】図10は、ヘッド位置決め制御プログラムを、サーボ制御として機能させるため、制御プログラム

563の手順を各ステップで示したフローチャートの一例である。ステップ200で、制御プログラム563が呼び出される。まず、ステップ201において、サーボ信号より現在位置を示すヘッド位置データyが読み込まれる。ステップ202では、ヘッド位置データyと目標位置データrとが、減算処理され、減算結果が、位置誤差を示す位置誤差データe2として一時記憶される。ステップ203では、位置誤差データe2を読み出し、位置誤差データe2を基に所定の位相および周波数特性と所定の増幅率であるゲインで位相補償の演算処理をおこない、微動制御データu2として一時記憶する。ステップ204では、微動制御データu2をDA変換器66に出力する。DA変換器66からは、微動制御データu2に基づいた信号として微動駆動信号が、駆動回路64を介して、微動アクチュエータ52に出力される。以上、ステップ201からステップ204では、微動アクチュエータ52を制御するため、微動制御手段としての機能を実行する。

【0096】ステップ205では、微動アクチュエータ52の変位量Y2に対応した相対変位値を示す相対変位データy2がAD変換器67より読み込まれる。ステップ206では、読み込んだ相対変位データy2より、粗動アクチュエータ51を制御するため、相対変位データy2を基に所定の位相および周波数特性で位相補償の演算処理をおこない、粗動制御用データu3として一時記憶し、変換入力データuiとして用いる。ステップ207では、粗動制御用データu3として一時記憶した変換入力データuiを、変換入力データuiの絶対値に応じた乗数で乗算した結果を記憶させたメモリ562の非線形変換テーブル58に入力しその結果を、変換出力データuoとして読み出す。ここで、非線形変換テーブル58は、相対変位データy2に応じたデータである粗動制御用データu3、すなわち変換入力データuiの絶対値が小さいときには、絶対値が大きいときに比べて大きな乗数で変換入力データuiに対して乗算されたデータが格納されており、このデータを変換出力データuoとしている。この乗数はサーボ制御系の粗動アクチュエータへのゲインに相当する。また、ステップ207では、非線形変換手段としての機能を実行する。ステップ208では、変換出力データuoを粗動制御データu1としてDA変換器65に出力する。DA変換器65からは、粗動制御データu1に基づいた信号として粗動駆動信号が、駆動回路63を介して、粗動アクチュエータ51に出力される。以上、ステップ205、ステップ206、およびステップ208で、粗動アクチュエータ51を制御するため、粗動駆動手段としての機能を実行する。

【0097】図11は、サーボ制御として機能させるための制御プログラム563の、他の手順を各ステップで示したフローチャートの一例である。図10でのステップ206とステップ207を逆にしたところが異なっ

いる。すなわち、図11において、ステップ216で先に非線形変換処理をおこない、その後ステップ217で位相補償の演算処理をおこなっている。しかし、第2の実施の形態で説明したように、図10と図11での効果としては同様の効果を得ることができる。

【0098】図10または図11のフローチャートにて、ステップ209で、メインのプログラムに戻る。メインのプログラムはディスク装置全体を制御しているプログラムである。サーボ制御に関しては、シーク制御やフォロイング制御などをメインのプログラムで監視している。ステップ209でメインのプログラムに戻ると、メインのプログラムは、目標位置Rまで到達したかどうか判定する。目標位置Rまで到達しない場合など、図10または図11に示した処理を繰り返すことで、適宜シーク制御やフォロイング制御をおこなう。

【0099】このような構成により、目標トラックに向けてトラック間の移動動作をおこなうシーク動作モードと、目標トラックの中心にヘッドを追従させるフォロイング動作モードとの二つの動作モードに対して、粗動アクチュエータ51と微動アクチュエータ52との協働によってヘッド12の位置決めをするヘッド位置決め制御がおこなわれる。本実施の形態では、サーボ制御系をマイクロプロセッサ561でデジタル処理しているため、第1の実施の形態から第3の実施の形態までと比べて構成は異なるが、動作としては同一の動作をおこなう。すなわち、動作原理としては、図2または図5のサーボ制御系モデルで説明したのと同じであり、同一の効果が得られる。また、非線形変換テーブル58としては、図7で説明した非線形変換テーブル38と同一な構成を用いることができ、また、メモリに所望のデータを格納すればよいので、所望の特性を、より正確、柔軟、かつ容易に得ることができる。

【0100】なお、図10のステップ207、または図11のステップ216において、非線形変換テーブル58を用いて非線形変換をおこなう例で説明したが、演算処理により同様な特性を有する非線形変換をおこなってもよい。

【0101】また、微動アクチュエータ52は、微動アクチュエータ52自体が非線形特性を持っているため、逆非線形特性を持つ回路で変位量と検出信号が比例するように補正することがある。このような場合、非線形変換テーブル58で、この逆非線形特性も合わせ持つような特性とすることで、記憶素子、またはその記憶領域を減らすことが可能である。さらに、ヒステリシス補正や、温度補正特性とも容易に組み合わせることができる。

【0102】また、ヘッド位置決め制御プログラムとしての制御プログラム563は、機械読み取り可能な記録媒体としてのメモリ562に格納されているとして説明した。詳細には、制御プログラム563は、あらかじめ

読み取り専用のROMに記録しておいてもよく、また半導体メモリ以外の記憶媒体にあらかじめ記録しておき、本ヘッド位置決め装置を使用するとき、書き込み読み出し可能なRAMに書き込んで使用してもよい。また、マイクロプロセッサとメモリが一体となっており、このメモリに制御プログラム563が格納してあってもよい。また、制御プログラム563を記録した記憶媒体は、制御プログラム563以外のプログラムが他の領域に記録されていてもよい。このような変更をおこなっても、本発明の効果には影響しない。

【0103】以上説明したように本実施の形態では、制御部56において、ヘッドを目標位置に位置決めするための目標位置とヘッドの現在位置間の距離である位置誤差に基づいて、微動アクチュエータの変位を制御し、微動アクチュエータの変位量に対応した値を相対変位値として検出し、相対変位値の絶対値が小さいときには、相対変位値の絶対値が大きいときに比べて大きなゲインで相対変位値、または相対変位値に応じた値を非線形変換し、非線形変換した結果に基づいて、粗動アクチュエータによるヘッドの移動を制御するヘッド位置決め制御機能を、ヘッド位置決め制御プログラムが有しており、これにより、粗動アクチュエータの静止摩擦に基づく摩擦力の影響を受けても安定な動作でヘッド位置決め制御が可能となる。

【0104】(第5の実施の形態)図12は、本発明の第5の実施の形態である磁気ディスク装置の構成を示す構成図である。図12において、スピンドル17により回転するディスク状の記録媒体の1つである磁気ディスク11(以下ディスクと呼ぶ)に情報の記録再生をおこなう磁気ヘッド12(以下ヘッドと呼ぶ)は、ヘッドスライダ13の先端に一体的に形成されている。ヘッドスライダ13は、微動アクチュエータ52の先端に搭載され、さらに微動アクチュエータ52はヘッド支持機構14の先端部に連結されている。ヘッド支持機構14は、磁気ディスク装置本体の回転軸140を中心として粗動アクチュエータ51により駆動され、微動アクチュエータ52と協働してヘッド12の位置決めをおこなう。粗動アクチュエータ51、微動アクチュエータ52、およびヘッド支持機構14を併せて位置決め機構15を構成する。このように、本実施の形態の位置決め機構15は、粗動アクチュエータ51と微動アクチュエータ52との二重アクチュエータの構成である。粗動アクチュエータ51は、ボイスコイルモータなどによりヘッド支持機構14を回転させることで、先端のヘッド12を動かし、主としてシーク動作や複数のトラックジャンプなどの大移動のために使用される。一方、微動アクチュエータ52は、ピエゾ素子の変位などにより可動範囲は狭いが広帯域な位置制御をすることで、先端のヘッド12を動かし、主としてトラック追従や1トラックのジャンプなど高速で微小な位置決め使用される。

【0105】位置決め機構15は、制御回路で構成された制御部6からの制御信号に応じて駆動され位置決めする。制御部6は、微動アクチュエータ52の変位量に対応した相対変位信号y2、ヘッド12から読み出したサーボ情報に含まれるヘッド位置信号yおよび所要の位置決め動作をさせるため指示された目標位置情報などにより制御信号または制御データを生成する。制御信号または制御データは、駆動回路で駆動信号d1およびd2に変換して、粗動アクチュエータおよび微動アクチュエータを駆動して、両アクチュエータのサーボ制御をおこなう。

【0106】制御部6は、本発明の第1の実施の形態から第4の実施の形態までで説明した、図1の制御部16、図5の制御部26、図6の制御部36、図8の制御部46、または図9の制御部56を用いることができる。これにより、粗動アクチュエータの静止摩擦に基づく摩擦力の影響を受けても安定な動作でヘッド位置決め制御が可能な磁気ディスク装置が実現できる。

【0107】なお、第1の実施の形態から第5の実施の形態までにおいて、粗動制御部の入力信号または入力データとして、微動アクチュエータの変位量を検出した検出信号に基づく信号またはデータとして説明したが、微動アクチュエータをモデル化した推定器により生成された信号またはデータでもよく、同一の効果を得ることができる。

【0108】また、第1の実施の形態から第5の実施の形態までにおいて、磁気ディスク装置を例にとって説明したが、本発明はそれに限定されるものでなく、例えば光ヘッドをヘッドスライダに搭載する形態の光ディスク装置などにも適用することができる。

【0109】

【発明の効果】以上説明したように、本発明は、従来の二重アクチュエータのサーボ制御系に上述した非線形変換をおこなう非線形変換器、非線形変換テーブル、または非線形変換手段としての機能を付加している。これにより、粗動アクチュエータに静止摩擦が生じるシーク動作の開始時やフォロイング動作時、微動アクチュエータの変位量に対応した相対変位信号、または相対変位データの相対変位値が微小であることを利用し、非線形変換をおこなう非線形変換器、非線形変換テーブル、または非線形変換手段は、相対変位値の絶対値が小さいときには、相対変位値の絶対値が大きいために比べてゲインが大きくなるよう設定しているの、相対変位値が微小であるような、静止摩擦が生じる場合に、粗動アクチュエータをサーボ制御するゲインが大きくなる。よって、静止摩擦が生じる場合に、従来に比べて、より大きな駆動力を粗動アクチュエータに加えることが可能となる。その結果、粗動アクチュエータの静止摩擦に基づく摩擦力の影響を受けても安定な動作でヘッド位置決め制御が可能となる。したがって、本発明のヘッド位置決め装置を磁気

ディスク装置などの記憶装置に適用すれば、粗動アクチュエータの静止摩擦に基づく摩擦力の影響を受けても安定な動作でヘッド位置決め制御ができるというすぐれた効果を有するヘッド位置決め装置を提供することができる。

【0110】また、本発明は、従来の二重アクチュエータのサーボ制御方法に、上述した非線形変換をおこなうステップを付加している。これにより、粗動アクチュエータに静止摩擦が生じるシーク動作の開始時やフォロイング動作時、微動アクチュエータからの相対変位データが微小であることを利用し、非線形変換をおこなうステップは、相対変位データに対応した変換入力データの絶対値が小さいときは、変換入力データの絶対値が大きいために比べてゲインが大きくなるよう設定しているの、相対変位データが微小であるような、静止摩擦が生じる場合に、粗動アクチュエータをサーボ制御するゲインが大きくなる。よって、静止摩擦が生じる場合に、従来に比べて、より大きな駆動力を粗動アクチュエータに加えることが可能となる。その結果、粗動アクチュエータの静止摩擦に基づく摩擦力の影響を受けても安定な動作でヘッド位置決め制御が可能となる。したがって、本発明のヘッド位置決め制御方法を磁気ディスク装置などの記憶装置に適用すれば、粗動アクチュエータの静止摩擦に基づく摩擦力の影響を受けても安定な動作でヘッド位置決め制御ができるというすぐれた効果を有するヘッド位置決め制御方法を提供することができる。

【0111】また、本発明は、従来の二重アクチュエータのサーボ制御プログラムに、上述した非線形変換をおこなうステップを付加することや、非線形変換手段としての機能するプログラムを付加している。これにより、粗動アクチュエータに静止摩擦が生じるシーク動作の開始時やフォロイング動作時、微動アクチュエータの変位量に対応した相対変位データが微小であることを利用し、非線形変換をおこなうステップや、非線形変換手段としての機能するプログラムでの非線形特性は、相対変位データに対応した変換入力データの絶対値が小さいときには、変換入力データの絶対値が大きいために比べてゲインが大きくなるよう設定しているの、相対変位データが微小であるような、静止摩擦が生じる場合に、粗動アクチュエータをサーボ制御するゲインが大きくなる。よって、静止摩擦が生じる場合に、従来に比べて、より大きな駆動力を粗動アクチュエータに加えることが可能となる。その結果、粗動アクチュエータの静止摩擦に基づく摩擦力の影響を受けても安定な動作でヘッド位置決め制御が可能となる。したがって、本発明のヘッド位置決め制御方法を磁気ディスク装置などの記憶装置に適用すれば、粗動アクチュエータの静止摩擦に基づく摩擦力の影響を受けても安定な動作でヘッド位置決め制御ができるというすぐれた効果を有するヘッド位置決め制御プログラムを提供することができる。

【0112】また、本発明は、従来の二重アクチュエータのサーボ制御プログラムに、上述した非線形変換をおこなうステップを付加することや、非線形変換手段として機能するプログラムを付加したヘッド位置決め制御プログラムを有する機械読み取り可能な記録媒体である。本記録媒体より本ヘッド位置決め制御プログラムを読み取り、本ヘッド位置決め制御プログラムを実行することにより、粗動アクチュエータに静止摩擦が生じるシーク動作の開始時やフォロイング動作時、微動アクチュエータの変位量に対応した相対変位データが微小であることを利用し、非線形変換をおこなうステップや、非線形変換手段として機能するプログラムでの非線形特性は、相対変位データに対応した変換入力データの絶対値が小さいときには、変換入力データの絶対値が大きいときに比べてゲインが大きくなるよう設定しているため、相対変位データが微小であるような、静止摩擦が生じる場合に、粗動アクチュエータをサーボ制御するゲインが大きくなる。よって、静止摩擦が生じる場合に、従来に比べて、より大きな駆動力を粗動アクチュエータに加えることが可能となる。その結果、粗動アクチュエータの静止摩擦に基づく摩擦力の影響を受けても安定な動作でヘッド位置決め制御が可能となる。したがって、本発明のヘッド位置決め制御プログラムを記録した記録媒体を、磁気ディスク装置などの記憶装置に適用すれば、粗動アクチュエータの静止摩擦に基づく摩擦力の影響を受けても安定な動作でヘッド位置決め制御ができるというすぐれた効果を有するヘッド位置決め装置を提供することができる。

【0113】また、本発明は、上述したヘッド位置決め装置、ヘッド位置決め制御方法、ヘッド位置決め制御プログラム、またはヘッド位置決め制御プログラムを記録した記録媒体をヘッド位置決め制御に用いることにより、粗動アクチュエータの静止摩擦に基づく摩擦力の影響を受けても安定な動作でヘッド位置決め制御ができるというすぐれた効果を有するディスク装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態のヘッド位置決め装置の構成を示す構成図

【図2】本発明の第1の実施の形態のサーボ制御系の構成を示すブロック図

【図3】(a) 本発明の第1の実施の形態の非線形変換器の一具体例の構成を示すブロック図

(b) 同入出力特性図

(c) 同他の入出力特性図

【図4】(a) 本発明の第1の実施の形態の非線形変換器の他の具体例の構成を示すブロック図

(b) 同入出力特性図

【図5】本発明の第2の実施の形態のサーボ制御系の構成を示すブロック図

【図6】本発明の第3の実施の形態のヘッド位置決め装置の構成を示す構成図

【図7】(a) 本発明の第3の実施の形態の非線形変換テーブルの一具体例の構成を示すブロック図

(b) 同入出力特性図

【図8】本発明の第3の実施の形態のヘッド位置決め装置の他の構成を示す構成図

【図9】本発明の第4の実施の形態のヘッド位置決め装置の構成を示す構成図

【図10】本発明の第4の実施の形態のヘッド位置決め制御プログラムの手順を示すフローチャート

【図11】本発明の第4の実施の形態のヘッド位置決め制御プログラムの他の手順を示すフローチャート

【図12】本発明の第5の実施の形態の磁気ディスク装置の構成を示す構成図

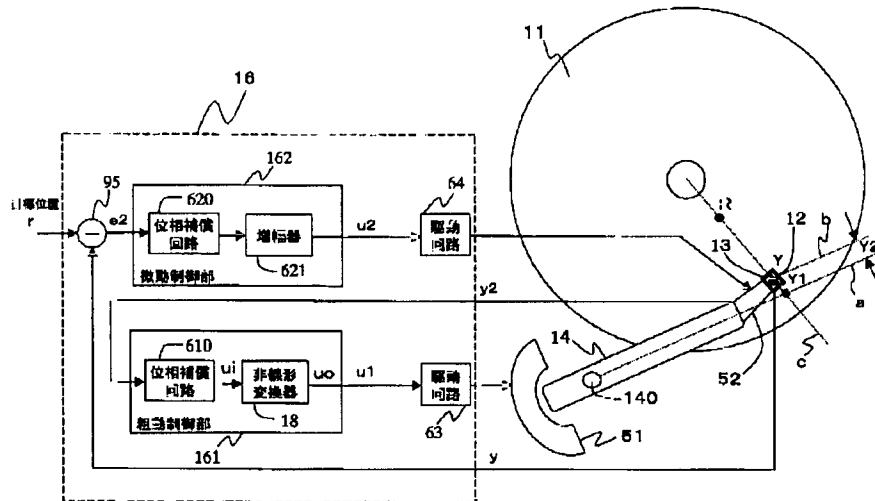
【図13】従来のヘッド位置決め装置の構成を示す構成図

【符号の説明】

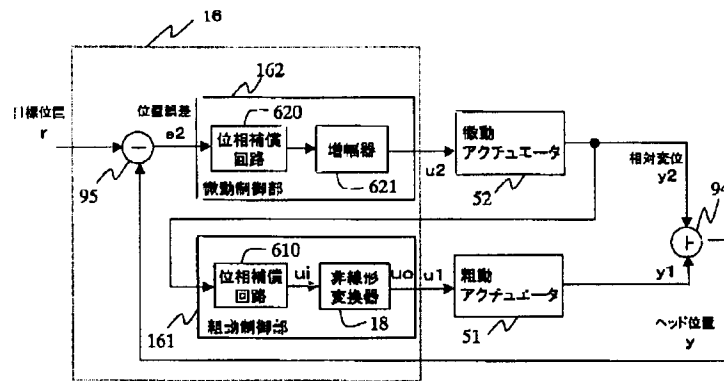
6, 16, 26, 36, 46, 56, 96 制御部
 11 磁気ディスク
 12 磁気ヘッド
 13 ヘッドスライダ
 14 ヘッド支持機構
 15 位置決め機構
 17 スピンドル
 18, 28 非線形変換器
 38, 48, 58 非線形変換テーブル
 51 粗動アクチュエータ
 52 微動アクチュエータ
 63, 64 駆動回路
 65, 66 DA変換器
 67 AD変換器
 91, 161, 261, 361, 461 粗動制御部
 92, 162, 362 微動制御部
 94 加算器
 95, 395 減算器
 140 回転軸
 381 メモリ
 561 マイクロプロセッサ
 562 メモリ
 563 制御プログラム
 564 共通バス
 610, 612, 614, 620, 622, 910, 920 位相補償回路
 613, 621, 822, 911, 921 増幅器
 623 乗算器
 810 可変増幅器
 811 レベル判定回路
 812 ゲイン設定部
 820 可変減衰器

821 レベル変換回路

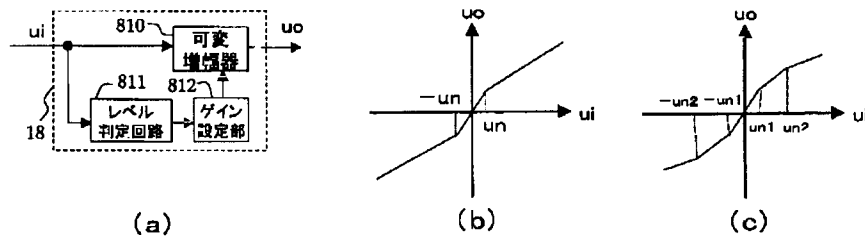
【図1】



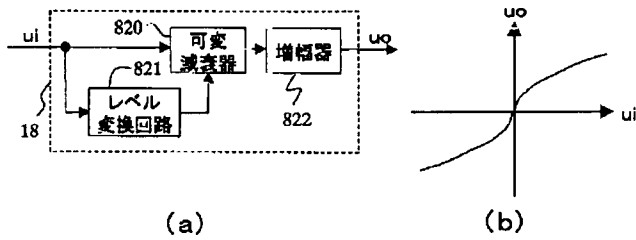
【図2】



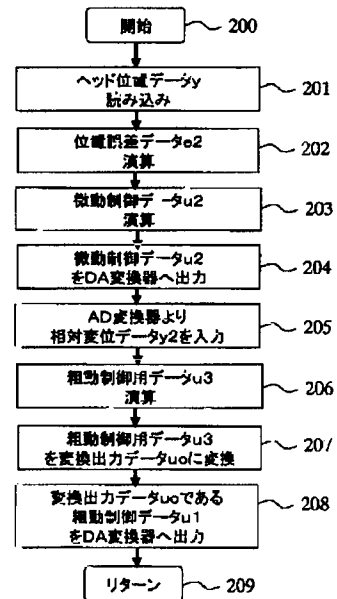
【図3】



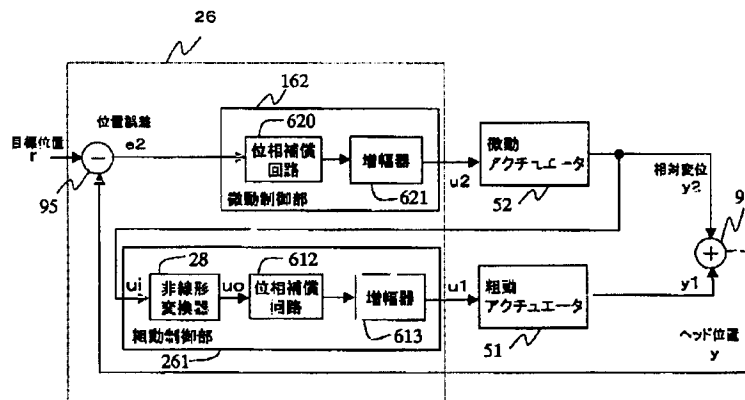
【図4】



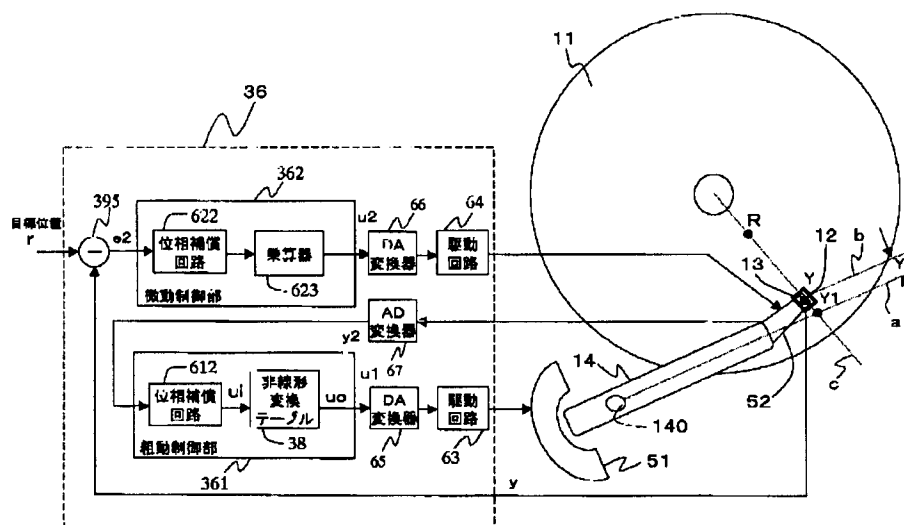
【図10】



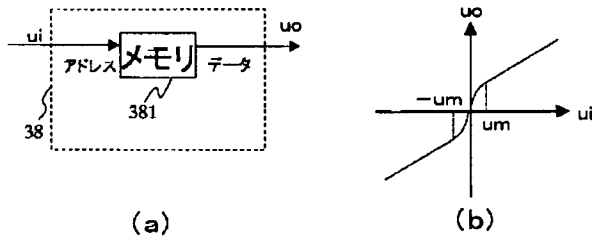
【図5】



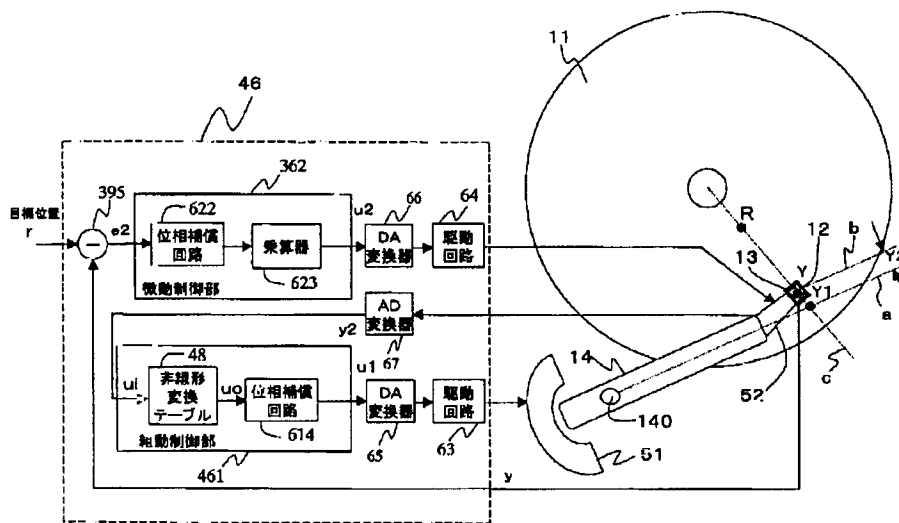
【図6】



【図7】

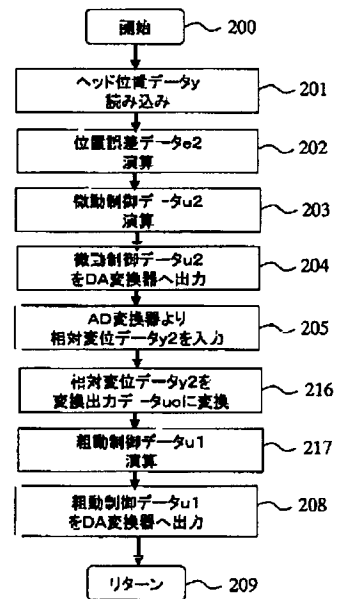
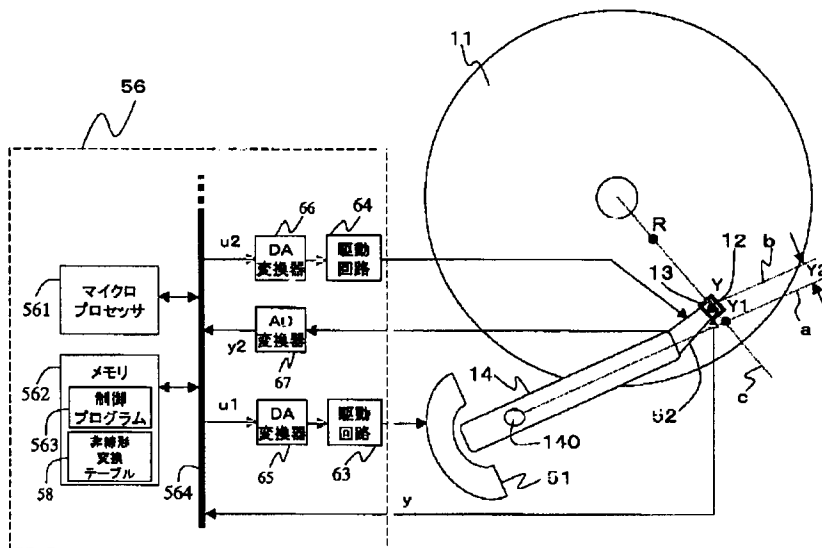


【図8】

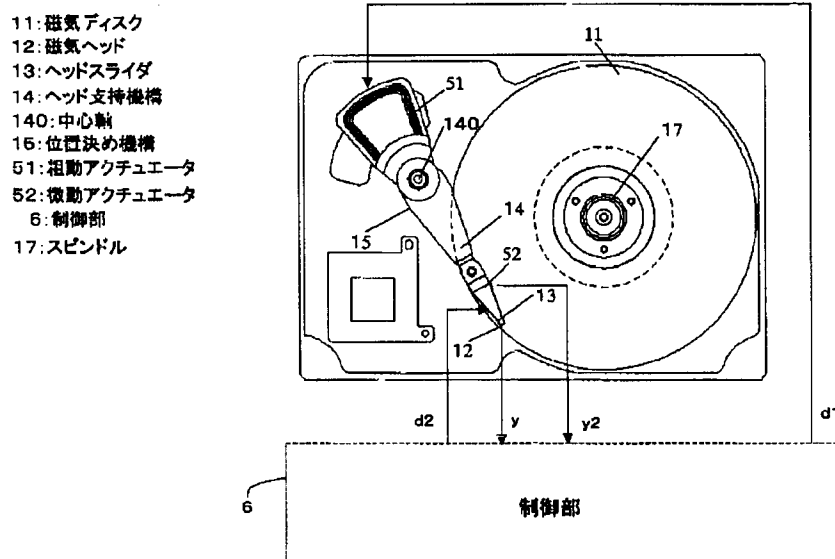


【図9】

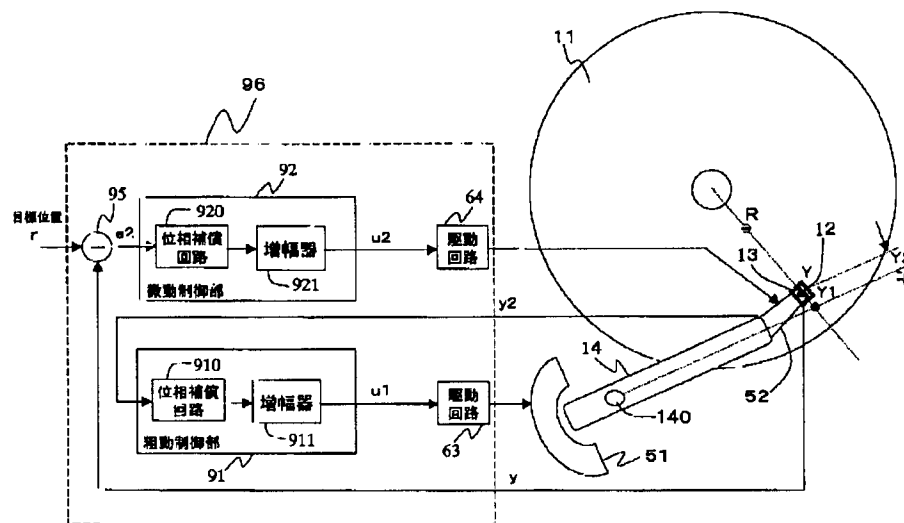
【図 1 1】



【図12】



【図13】



フロントページの続き

(51)Int. Cl.⁷
G11B 21/21

識別記号

FI
G11B 21/21

(参考)

C

F ターム(参考) 5D042 LA01 MA15
5D059 AA01 BA01 CA08 CA30 DA19
EA08
5D096 NN03 NN07 RR01 RR09
5H303 AA22 BB02 BB18 CC03 CC07
DD01 DD14 EE03 FF07 FF08
KK24 LL01 LL02